Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут телекомунікаційних систем
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра телекомунікацій
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

**До захисту допущено**
**Завідувач кафедри**

_____ Сергій КРАВЧУК
(підпис) (Ім'я, прізвище)

"___"_____2020_р.

# Магістерська дисертація

**на здобуття освітнього ступеня «магістр»**

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка,
(код і назва)

За освітньо-професійною програмою Інженерія та програмування інфокомунікацій.

на тему: Методика вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах.

Виконав: студент _2_ курсу, групи ТЗ – 91 мп

Йосипенко Олег Сергійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник Доцент кафедри ТК, к.т.н., доцент Явіся В.С. _ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____ _____ _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, , прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент Доцент кафедри ІТМ, к.т.н., доцент В.В.Правило _____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інститут телекомунікаційних систем
( повна назва )

Кафедра телекомунікацій
( повна назва )

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
(код і назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою Інженерія та програмування інфокомунікацій.

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри
_____ Явіся В.С.
(підпис) (ініціали, прізвище)

« 20 » січня 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**
**на магістерську дисертацію студенту**
Йосипенку Олегу Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Методика вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах.

науковий керівник дисертації Явіся Валерій Сергійович, кандидат технічних наук, доцент,
затверджені наказом по університету від «03» « листопада » 2020 р. № 3208-с

2. Строк подання студентом дисертації 15.12.2020

3. Об'єкт дослідження – процес функціонування мультисервісних мереж.

4. Предмет дослідження – алгоритми маршрутизації в мультисервісних мережах.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

- _____ Ох арактеризувати мультисервісні мережі;
- _____ Роз глянути маршрутизацію в мультисервісних мережах;

- _____ Виконати аналіз функціонування мультисервісної мережі з адаптивною маршрутизацією.
- _____ Розглянути методику вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу 1. Тема та цілі дипломної роботи; 2. Приклад організації мультисервісної мережі зв'язку; 3. Схема взаємодії протоколів мультисервісних мереж; 4. Основні протоколи динамічної маршрутизації в мережах; 5. Завдання вибору найкоротшого маршруту; 6. Вплив алгоритмів маршрутизації на параметри обміну; 7. Приклад вибору алгоритму маршрутизації для мультисервісної мережі; 8. Висновки

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

9. Дата видачі завдання 28.10.2019

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації | Строк виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|---|---|---|---|
| 1 | Збір матеріалу щодо стану об’єкту дослідження. | 01.12.2019 | |
| 2 | Обробка теоретичних матеріалів. | 15.01.2020 | |
| 3 | Розробка класифікації алгоритмів маршрутизації. | 12.02.2020 | |
| 4 | Вивчення особлевостей роботи алгоритмів маршрутизації в мультисервісних мережах. | 01.04.2020 | |
| 5 | Порівняльний аналіз алгоритмів маршрутизації. | 23.06.2020 | |
| 6 | Розроблення методики вибору алгоритмів маршрутизації в мультисервісних мережах. | 18.08.2020 | |
| 7 | Висновки до кожного розділу | 12.11.2020 | |
| 8 | Оформлення готової роботи | 29.11.2020 | |
| 9 | Надання МД з презентацією до комісії з захисту МД | 15.12.2020 | |

Студент _____ Йосипенко О.С.

(підпис) (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації _____ Явіся В.С.
(підпис) (ініціали, прізвище)

## ABSTRACT

The work consists of 89 pages, 26 tables and 13 figures. 35 references are used.

**The purpose of the diploma:** development of a methodology for selecting a routing algorithm for a multiservice network. Description and comparison of different routing protocols. Research of features of functioning of multiservice networks.

**Practical use:** developed methodology of choosing a routing algorithm can be used to select the correct routing algorithm for a particular multiservice network.

**Keywords:** routing, multiservice network, protocol, algorithm, RIP, IGRP, EIGRP, OSPF, IS-IS.

## РЕФЕРАТ

Робота містить 89 сторінок 26 таблиці та 13 рисунків. Було використано 35 джерел.

**Мета роботи:** розроблення методики вибору алгоритму маршрутизації до мультисервісної мережі. Опис і порівняння різних протоколів маршрутизації. Дослідження особливостей функціонування мультисервісних мереж.

**Практичне використання:** розроблена методика вибору алгоритму маршрутизації може бути використана для підбору правильного алгоритму маршрутизації до певної мультисервісної мережі.

**Ключові слова:** маршрутизація, мультисервісна мережа, протокол, алгоритм, RIP, IGRP, EIGRP, IS-IS, OSPF.

# Пояснювальна записка
## до магістерської дисертації

На тему: Методика вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах.

Київ – 2020 рік

**ЗМІСТ**

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

| | |
|---|---|
| АД | Адміністративна Дистанція |
| АС | Автономна Система |
| ASBR | Autonomous System Boundary Router |
| BDR | Backup Designated Router |
| BGP | Border Gateway Protocol |
| DR | Designated Router |
| EGP | Exterior Gateway Protocol |
| EIGRP | Enhanced Interior Gateway Routing Protocol |
| IETF | Internet Engineering Task Force |
| IGP | Interior Gateway Protocol |
| IP | Internet protocol |
| IPX | Internetwork Packet Exchange |
| IS-IS | Intermediate System-to-Intermediate System |
| ITU | International Telecommunication Union |
| ODR | On Demand Routing |
| ISDN | Integrated Services Digital Network |
| LAN | Local area network |
| LSA | Link-State Advertisement |
| LSDB | Link State Database |
| LSP | Link State Packet |
| MPLS | Multiprotocol Label Switching |
| MTU | Maximum transmission unit |
| MGCP | Media Gateway Control Protocol |
| NAT | Network address translation |
| NGN | Next-generation network |
| OLSR | Optimized Link State Routing Protocol |
| OSPF | Open Shortest Path First |

| | |
|---|---|
| RIP | Routing Information Protocol |
| SIP | Session Initiation Protocol |
| SPX | Sequenced Packet Exchange |
| TCP | Transmission Control Protocol |
| QoS | Quality of Service |
| VoIP | Voice over Internet Protocol |
| UDP | User Datagram Protocol |

# ВСТУП

**Актуальність теми роботи.** Завдання побудови сучасного інформаційного суспільства немислиме без розгортання потужних високопродуктивних мультисервісних мереж. Саме тому усі оператори корпоративних і відомчих мереж поставили в якості пріоритетного завдання побудови та реконструкції мультисервісних мереж.

При проектуванні такого роду мереж проектувальники зіткнулися з дуже серйозною проблемою. Якщо для розрахунку мереж з комутацією каналів є зручний і перевірений часом математичний апарат, реалізований у вигляді комп'ютерних програм на автоматизованому робочому місці (АРМ) проектувальника, то для мереж з комутацією пакетів все набагато складніше. Автоматичні телефонні станції (АТС) з'явилися багато десятиліть тому і їх моделі добре описані в технічній літературі, в той же час такі телекомунікаційні пристрої мереж з пакетною комутацією як маршрутизатори, сервери, шлюзи і деякі інші стали широко використовуватися відносно недавно. Тому моделі мереж на їх основі недостатньо опрацьовані, а методи розрахунку не доведені до практичної реалізації.

Значний внесок у вирішенні питань, пов'язаних зі створенням теоретичного і практичного доробку побудови сучасних мультисервісних мереж, внесли роботи вітчизняних вчених Г.П. Башарина, В.М. Вишневського, В.С.Гладкого, Б.С. Гольдштейна, В.А. Єршова, Г.П. Захарова, В.А. Івницького, В.В. Крилова, Н.А. Кузнєцова, А.Е. Кучерявого, В.Г. Лазарева, А.Н. Назарова, А.П. Н.А.Соколова, С.Н. Степанова, Е.І. Якубайтиса, Г.Г. Яновського та зарубіжних фахівців Д. Барбера, Д. Девіса, Л. Клейн, Дж. Мартіна, Р. Моблі, М.А. Шнепс-Шнепп, М. Шварца, Фріша та інших.

**Метою дослідження** є дослідити методику вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах.

Для виконання сформульованої мети дослідження, нами були поставлені наступні завдання:

Охарактеризувати мультисервісні мережі.

Звернути увагу на маршрутизацію в мультисервісних мережах.

Виконати аналіз функціонування мультисервісної мережі з адаптивною маршрутизацією.

Розглянути методику вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах.

**Об'єктом дослідження** є процес функціонування мультисервісних мереж.

**Предметом дослідження** є алгоритми маршрутизації в мультисервісних мережах.

**Методи дослідження** в роботі використані такі: пошуковий по наявній методичній та науковій літературі із аналізом знайденого матеріалу, порівняння, класифікація, проектування, теоретичне моделювання, з'ясування причинно-наслідкових зв'язків, систематизація, абстрагування та конкретизація, уявний експеримент, спостереження, бесіда, інтерв'ю, анкетування, тестування, аналіз документації та результатів діяльності дослідників з проблеми проведеного дослідження та експертна оцінка і практичний експеримент.

**Наукова новизна роботи** полягає у наявності оригінального дослідницького матеріалу по напрямку проведеного дослідження. В роботі вперше використаний пошуковий аналіз.

**Теоретична та практична цінність роботи** полягає в наявності теоретичного матеріалу по дослідженню, відсіяного з-поміж іншого в процесі пошуку інформації по темі, та в систематизації матеріалу напрямку дослідження. Проведене дослідження має більш глибокий ступінь аналізу

напрямку дослідження, спираючись на попередні дослідження вчених, дисертантів та дослідників напрямку дослідження.

# РОЗДІЛ 1 МУЛЬТИСЕРВІСНІ МЕРЕЖІ

## 1.1 Поняття мультисервісної мережі та історія їх розвитку

В межах даного розділу розглянемо історію розвитку мультисервісних мережах, а також наведемо основні архітектури і особливості побудови.

Мультисервісні мережі надають кілька різних типів послуг зв'язку в рамках однієї і тієї ж фізичної інфраструктури.

Мультисервіс має на увазі не тільки наявність декількох типів трафіку в мережі, але і здатність однієї мережі підтримувати всі ці програми без шкоди для якості обслуговування (QoS) для будь-якого з них [1].

Нова ера мереж заснована на збільшенні можливостей за рахунок залучення послуг, а не за рахунок конкретної технології, що вимагає власної спеціалізованої мережевої інфраструктури. Позиціонування мереж для підтримки сервісного потоку IP при одночасному операційному об'єднанні кількох потоків голосу, відео і даних, інтегрованих в IP, є новим напрямком мультисервісної мережевої архітектури.

Перед обличчям конкурентного тиску і заміни послуг мультисервісні мережі нового покоління не тільки є новим напрямком, але і є необхідним етапом для оптимізації інвестицій і витрат.

На початку 1980-х років сектор стандартизації електрозв'язку Міжнародного союзу електрозв'язку (ITU-T) та інші організації зі стандартизації, такі як ATM Forum, розробили серію рекомендацій з мережних технологій, необхідних для реалізації інтелектуальної оптоволоконної мережі для вирішення комутованих мереж загального користування [2].

Телефонна мережа (PSTN) обмежує функціональну сумісність і синхронізацію між мережевої взаємодії і несе нові послуги, такі як цифровий голос і дані. Мережа отримала назву широкосмугової цифрової мережі з інтеграцією послуг (B-ISDN). Кілька базових стандартів були розроблені для

відповідності специфікаціям B-ISDN, включаючи синхронну оптичну мережу (SONET) і синхронну цифрову ієрархію (SDH) в якості стандартів передачі і мультиплексування і ATM як стандарт комутації.

Провайдери почали створювати базові мережі ATM, на які можна було перенести PSTN і інші приватні голосові мережі. Частково виправдане такою консолідацією голосової інфраструктури, ядро ATM було позиціоноване як точка зустрічі магістральних операторів для продуктів голосової мережі і мереж передачі даних Frame Relay.

Мережі ATM також розглядалися як ті, які сприяють зростаючому попиту на мультимедійні послуги. Розроблений з нуля для забезпечення декількох класів обслуговування, ATM був спеціально розроблений для одночасної передачі голосових сигналів, відео і синхронних даних.

ATM спочатку не був розроблений для IP-транспорту, а був розроблений як багатоцільова, мультисервісна комунікаційна платформа з урахуванням QoS. Стандарт був в першу чергу призначений для конвергенції великих голосових мереж, відеомереж H.320 і великої кількості виділених ліній, синхронних послуг на основі даних.

Теорія ATM була проголошена остаточною відповіддю на потенційно мільйони можливостей персонального відеоконференцзв'язку між ПК. Передбачалося, що його фіксована структура на основі осередків буде легко адаптована до будь-якого типу послуг передачі даних, і, дійсно, рівні адаптації були розроблені в ATM для передачі IP і для емуляції LAN [2].

По суті, ATM були частиною нової PSTN, нової детермінованої піраміди «влади» з централізованим інтелектом, яка, як очікувалося, призведе до масового поширення мультимедійного захоплення.

Таким чином, багато постачальників послуг, яким в 1990-і роки було потрібно оновлення ядра, вибрали ATM в якості платформи конвергенції і стартового майданчика для майбутніх послуг.

ATM - це система, побудована на інтелектуальних комутаторах і мережах. Навпаки, продукти на основі IP побудовані на інтелектуальному ядрі і

інтелектуальному розподілі по межах мереж, в першу чергу на комп'ютерах на границях клієнта, які викликають або відправляють дані за бажанням господаря. Фактично, саме переривчасті, мінливі характеристики IP при вільному переміщенні даних ефективно підривають ефективність ATM для передачі даних IP.

Запуск IP-пакетів через рівні адаптації ATM (AAL) створює величезні витрати. Наприклад, IP-пакет розміром приблизно 250 байт необхідно буде розділити на кілька 48-байтових корисних даних (5-байтовий заголовок ATM на осередок, всього 53 байта), а останній осередок повинен бути доповнений для заповнення корисного навантаження даних (заповнення стає додатковими накладними витратами).

250-байтовий IP-пакет, який використовує заголовок, закінчення і заповнення протоколу доступу до підмережі AAL5 (SNAP), збільшується до 288 байтів, в результаті чого накладні витрати на пакет складають близько 15,2%.

Чим коротше довжина IP-пакета, тим більше відсоток службових даних. TCP / IP всюди - за розміром - з багатьма пакетами даних, особливо з доказами, коротше 100 байт. Використання зворотного мультиплексування ATM через ATM для зв'язування каналів T1 для більшого пулу смуги пропускання в мережах ATM накладає значні додаткові накладні витрати.

Ще в кінці 1990-х років, коли IP-мережі набирали обертів, продукти ATM для підприємств коштували приблизно в два рази дорожче, ніж продукти на базі Ethernet, в обслуговуванні і вимагали великих витрат часу на налаштування і експлуатацію через структури адресації ATM і сітки віртуальних ланцюгів. ATM був занадто дорогим в придбанні і обслуговуванні (більше податків), щоб поширити його на настільний комп'ютер, де він міг об'єднати голос, відео і дані.

ATM спочатку увійшов в картину WAN як потенційний переможець для безлічі послуг передачі даних, відео та голосу. Як і у випадку з будь-якої новою технологією, галузеві експерти переоцінили цю технологію як відповідь на всі мережеві проблеми на ринках постачальників, підприємств і споживачів. У

міру того, як IP-мережі продовжували зростати, а рішення для передачі голосу і відео були адаптовані для використання IP через оптоволоконні ділянки Fast і Gigabit Ethernet, актуальність ATM як універсальної технології конвергенції знизилася [2].

Через складність надання послуг ATM, високу вартість інтерфейсів і властивих йому накладних витрат, ATM почав застосовуватися, наприклад, в основних мережах постачальників послуг, в мультисервісних ядрах великих підприємств і в якості випадкової магістральної інфраструктури в LAN.

ATM також добре зарекомендувала себе базовою технологією для традиційних тандемних операторів голосового зв'язку і в якості транзитного з'єднання для операторів бездротової мережі. Подібно ISDN до цього, технологічний поштовх ATM знайшов кілька вертикальних ринків, але тільки на шляхах найменшого опору.

З точки зору глобальної мережі переважання IP-трафіку послужило повідомленням ATM. За даними IDC, світові продажі комутаторів ATM впали на 21 відсоток у 2002 році, ще на 12 відсотків в 2003 році і майже на 6 відсотків протягом 2004 року [3].

З розгортанням цифрової абонентської лінії (DSL) діючими операторами місцевого зв'язку (ILEC) мережі ATM перемістилися на периферію постачальника послуг, що розширило їх корисність в якості широкосмугового агрегування для споживчих ринків.

DSL був важливим якорем для обґрунтування ATM, зв'язавши споживчі обчислення з Інтернетом, але навіть там технологія DSL сигналізує про перехід до Ethernet і IP.

Форум DSL представив одну архітектуру, яка буде агрегувати трафік DSL на рівні IP з використанням пріоритету IP для QoS, а не на рівні ATM. В Азії багато провайдерів DSL вже використовують Ethernet і IP в якості рівня агрегації для мереж DSL, отримуючи вигоду з більш низькою вартістю за біт для регіональної агрегації і транспорту [2,3].

Незабаром комутація ATM, ймовірно, буде повністю витіснена з ядра мереж провайдерів мережами MPLS, які краще пристосовані для роботи в якості масштабованих комунікаційних мультисервісних платформ IP. Фактично, багато провайдерів вже об'єднали свої мережі Frame Relay і ATM в ядро MPLS, щоб скоротити операційні витрати і стратегічно позиціонувати капітальні витрати для більш високих маржинальних послуг на основі IP.

Однак для провайдерів, у яких все ще є виправдані вимоги до ATM, залишається надія на застосування мультисервісної архітектури наступного покоління до мереж ATM. Оскільки провайдери не можуть нерозважливо відмовитися від своїх багаторічних інвестицій в технології і встановленні бази обслуговування клієнтів, ключовою вимогою є поступовий перехід до мультисервісних рішень наступного покоління. Проте, стрімке зростання смуги пропускання і послуг в мегаполісі, від голосового трафіку 64 Кбіт / с до трафіку 10 Gigabit Ethernet, прискорює реакцію постачальника послуг на зустріч і збір за надану можливість.

Для сучасної мультисервісної мережі буде достатньо, якщо вона забезпечить технічні засоби для трьох базових служб: передачі даних, голосу та відеоінформації. Але з певними умовами. Так, якість передачі відео повинна бути не гірше телевізійної. Як показує досвід європейських сервіс провайдерів, саме надання послуг типу "відео за запитом" є ключем до завоювання масового ринку.

Найчастіше мультисервісні мережі будуються на основі компонентів вже існуючих мереж за рахунок впровадження нового обладнання та використання нових технологій.

За останні роки в процесі швидкого розвитку галузі телекомунікацій оператори зв'язку інвестували дуже серйозні кошти для побудови транспортних мереж. Були прокладені тисячі кілометрів оптичного волокна і змонтована величезна кількість обладнання, яке забезпечує передачу інформаційних потоків, достатніх для того, щоб обслуговувати абонентів в найближчому майбутньому. Прийшов час, коли проблемним місцем стала ділянка доступу і

території з малою концентрацією платоспроможних абонентів, куди транспортні мережі ще не дійшли.

Багато транспортних мереж сьогодні будуються, в основному, з необхідності модернізації і розвитку телефонної мережі, що характерно для територій з низькою щільністю платоспроможного населення. Тобто мережу майже завжди будувалася для передачі трафіку TDM, передача даних не була першочерговою метою для даних мереж. В кінцевому рахунку, на даний момент безперечно домінуючою технологією побудови транспортних мереж є технологія SDH - Synchronous Digital Hierarchy (PDH-обладнання в мережевих сьогодні майже не застосовується), а гостра потреба в спеціалізованих рішеннях для передачі даних з'явилася порівняно недавно у зв'язку з ростом платоспроможного попиту на широкосмуговий доступ.

Проблема організації мультисервісних мереж знаходиться у фокусі уваги, як міжнародних організацій, так і національних структур. На глобальному рівні проблемами організації займається ООН, зокрема через свої структури - ЮНЕСКО та МСЕ.

Така увага пов'язана, перш за все, з тим, що мультисервісна мережа для максимально великої кількості людей розглядається ООН як один із засобів досягнення Цілей тисячоліття ООН [3].

Особлива увага до проблем була приділена під час двох раундів Всесвітньої конференції з питань інформаційного суспільства в Женеві (2003) і Тунісі (2005), за результатами останнього було прийнята «Туніська програма для інформаційного суспільства» [2].

У п. 23-d цієї програми відзначається, що більше уваги слід приділяти «можливостям для сприяння наданню більш широкого діапазону послуг і пропозицій, стимулювання інвестицій та надання доступу в Інтернет за доступними цінами як для існуючих, так і для нових користувачів».

Крім того, в п. 27-d звертається увага на необхідність «координації програм між урядами і потужними фінансовими органами з метою зменшення інвестиційних ризиків і зниження операційних витрат для

операторів, які виходять на менш привабливі ринки в сільських районах і на сегменти ринків з низькою прибутковістю ». Серед кроків, які були здійснені ООН в цьому напрямку - створення Фонду цифрової солідарності, місією якого є «скорочення цифрового розриву і, тим самим, внесення вкладу в створення справедливого, всеосяжного інформаційного суспільства».

Органи державної влади або бізнесу могли б перераховувати такий податок з придбання товарів і послуг, що здійснюються в сфері інформаційних і комунікаційних технологій, а бізнес-структури - при наданні відповідних послуг в IT-сфері [2].

Отже, мультисервісна мережа - це єдина пакетна мережа, яка здатна передавати голос, відео і дані з використанням єдиної інфраструктури [3].

Основним стимулом до появи і розвитку цих мереж була підтримка складних мультимедійних програм, зменшення вартості обладнання мережі та його обслуговування. Концепція містить у собі кілька таких аспектів [4,5]:

1) конвергенція завантаження мережі, яка визначає передачу різнотипного трафіку за допомогою єдиного формату представлення даних (пакети);

2) конвергенція протоколів, яка передбачає перехід від великої кількості різнотипних протоколів до одного спільного (наприклад, IP);

3) фізична конвергенція, яка передбачає використання єдиної мережевої інфраструктури для передачі різних типів трафіку;

4) конвергенція пристроїв, яка призводить до інтеграції в одному корпусі обладнання комутації (Ethernet і ATM) і маршрутизації IP.

На додаток до цього, пристрої можуть виконувати функції по обробці даних і підтримувати пакетну телефонію.

Всі ці, а також багато інших переваг мультисервісної мережі були покладені в основу концепції мереж наступних поколінь.

Мережа наступних поколінь - це мережа з пакетною комутацією, яка придатна для надання послуг електрозв'язку і для використання декількох широкосмугових технологій транспортування з активним з'єднанням QoS, в

якій пов'язані з обслуговуванням функції не залежать від застосованих технологій, що забезпечують транспортування [6].

Також система забезпечує вільний доступ користувачів до мереж конкуруючих постачальників послуг. Підтримує універсальну мобільність, яка забезпечує постійне і повсюдне надання послуг зв'язку.

Для задоволення вищевказаних вимог архітектура мережі передбачає використання пов'язаних між собою кількох груп функцій, взаємодія між якими визначає функціональну архітектуру мережі.

Вона включає наступні принципи:

1) підтримка численних технологій доступу з метою формування гнучкості на мережах доступу

2) розподілене управління, необхідне для адаптації до розподіленої природи мереж з комутацією пакетів і підтримки прозорості розташування при розподілених обчисленнях;

3) відкрите управління, яке вимагає відкритості обладнання контролю мережі з метою підтримки можливості створення послуг, оновлення та інші види зв'язку сервісних послуг третіми особами;

4) покращений захист і безпеку як базовий принцип відкритої архітектури для захисту інфраструктури мережі шляхом використання відповідних механізмів.

Однією з вимог мультисервісних мереж є зв'язність (connectivity, англ.) - прямо або за допомогою інших мереж.

### 1.2 Особливості побудови мультисервісних мереж

Приклад організації мультисервісної мережі зв'язку представлений на рисунку 1.1.

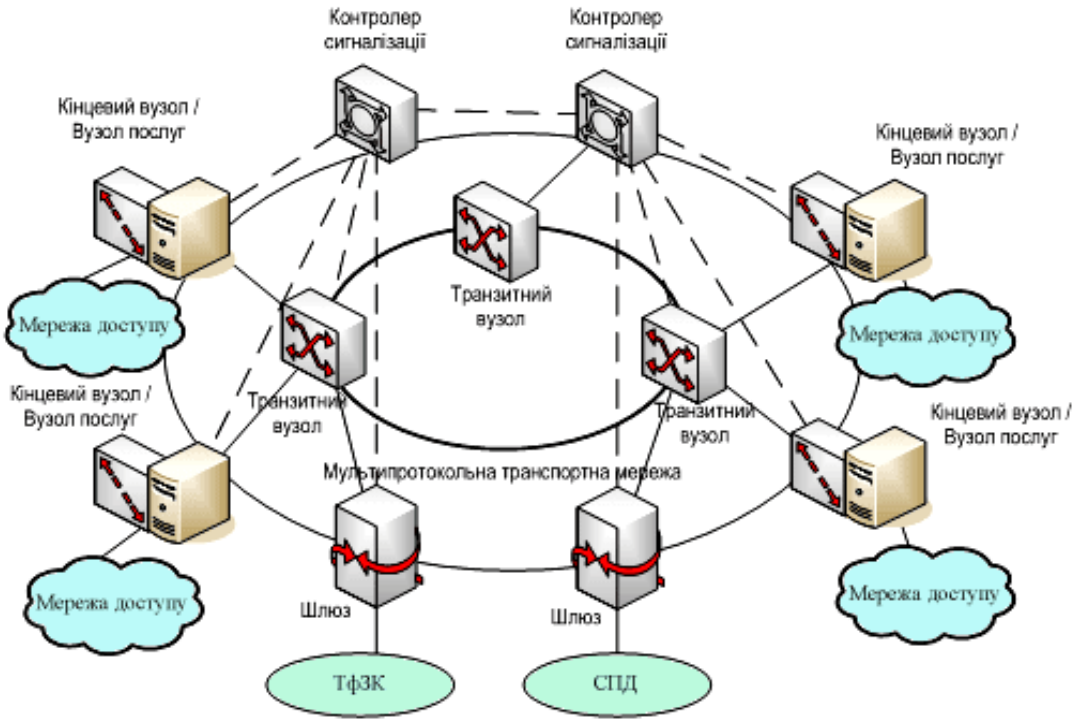


Рис.1.1 Приклад організації мультисервісної мережі зв'язку

Одним із прикладів технологій побудови мультисервісних мереж є технологія NGN.

NGN передбачає використання пов'язаних між собою кількох груп функцій, взаємодія між якими визначає функціональну архітектуру мережі.

Взаємодія мережі з іншими мережами представлено на рисунку 1.2.

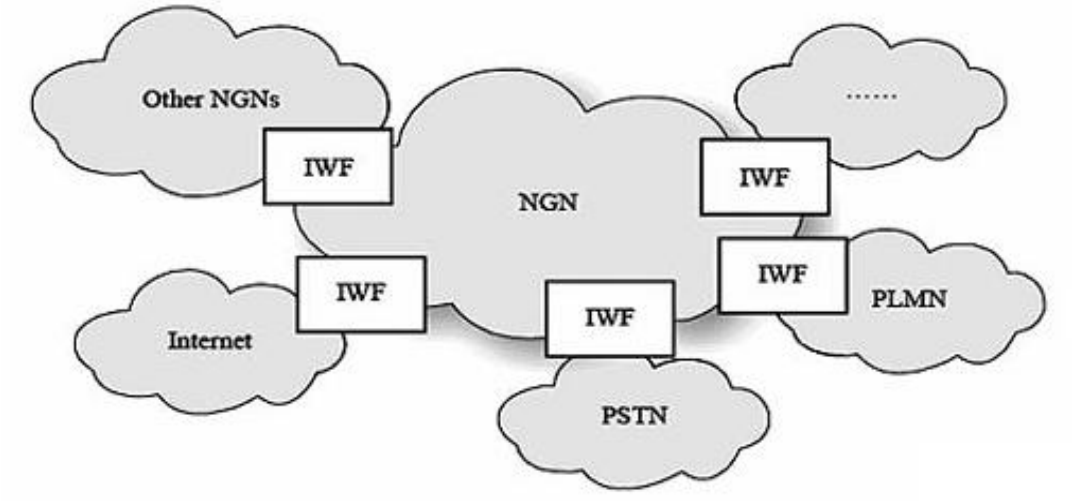


Рис.1.2 Взаємодія мережі NGN з іншими мережами

Функціональна структура мережі NGN представлена на рисунку 1.3.

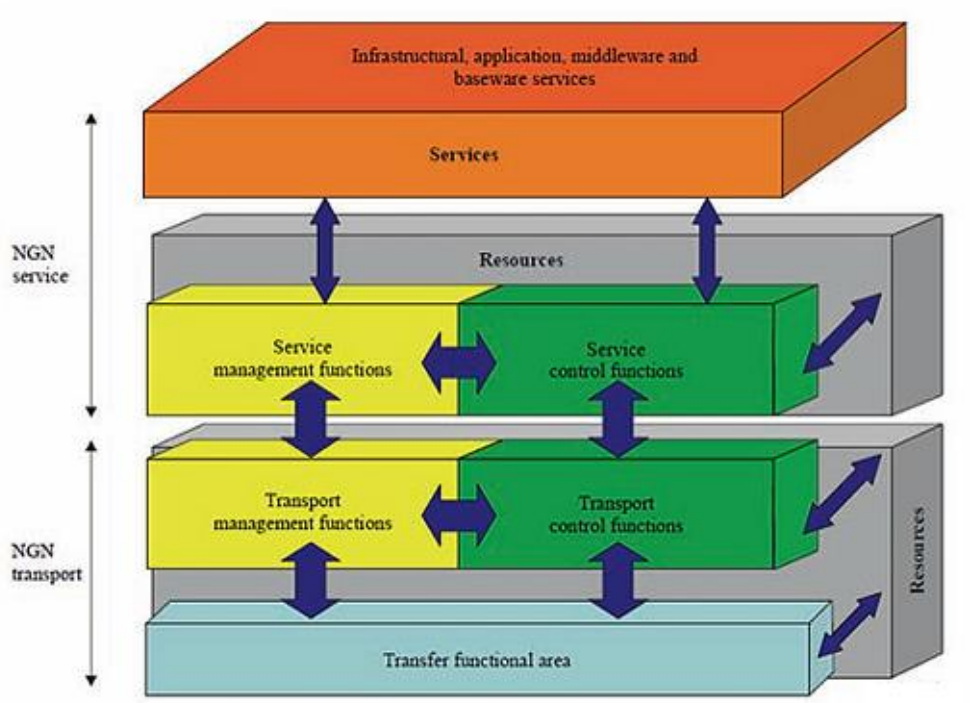


Рис.1.3 Функціональна структура мережі NGN

Функції NGN діляться на функції рівня транспорту, рівня послуг та управління.

Рівень транспорту забезпечує наступні сполуки: користувач - користувач, користувач - платформа надання послуг (сервісна платформа) і сервісна платформа - сервісна платформа.

У загальному випадку, на рівні транспорту можуть бути використані типи технологій передачі відповідно до рекомендацій ITU G.805 і G.809:

1) з встановленням з'єднання і комутацією каналів (connection-oriented circuit-switched, CO-CS)

2) з встановленням з'єднання і комутацією пакетів (connection-oriented packet-switched, CO-PS);

3) без встановлення з'єднання і комутацією пакетів (connectionless packet-switched, CLPS).

Крім відповідних функцій, обидва ці рівня включають функції управління і контролю. Тому в літературі по NGN часто описується трирівнева модель мережі.

Слід враховувати, що функції рівня транспорту реалізуються обладнанням транспортної мережі (транспортного ядра NGN) і мереж доступу [6].

Тому рівень транспорту поділяється на два підрівні: транспортного ядра і доступу.

У разі виділення цих підрівнів в якості окремих рівнів, отримуємо чотирирівневу архітектуру мережі NGN: рівень транспорту, доступу, надання послуг і управління.

Структурна схема мережі NGN містить високошвидкісне транспортне ядро IP, яке поєднує обладнання надання послуг та управління. Для підключення мереж доступу і існуючих ТфСОП / ISDN використовуються відповідні шлюзи.

Стратегія розвитку сучасних телекомунікацій передбачає еволюційний перехід до мереж з асинхронним (пакетним) режимом передачі.

Системи SDH нового покоління (New Generation SDH, NG-SDH) дозволяють транспортувати трафік двох типів: традиційний (потоки Ex / Tx / Sx) і пакетний.

Необхідно відзначити, що технологія NG-SDH не є окремим класом систем передачі, а тільки допускає використання обладнання SDH, яке функціонує відповідно до нових Рекомендацій ITU (G.707 і іншими) [7].

Для можливості транспортування пакетного трафіку відповідне обладнання повинно мати трибутарні інтерфейси Ethernet.

Технологія FTTH є однією з перспективних технологій побудови мультисервісних мереж [8].

Вона дозволяє надати користувачам повний спектр послуг телефонії, Інтернету та інтерактивного ТВ. Волоконно-кабельна архітектура FTTH реалізована на основі технології GPON, з деревовидною топологією, з пасивними оптичними елементами в вузлах мережі. Використання в мережах доступу рішень на базі технології PON дає можливість надавати кінцевому користувачеві доступ до набору послуг на базі мережевого протоколу IP.

PON - Passive optical network - Пасивна оптична мережа. GPON - гігабітна пасивна оптична мережа. Найбільш популярна структура мережі - "дерево".

Основні елементи мережі PON:

1. OLT - optical line terminal - оптичний лінійний термінал.
2. ONT, ONU - optical network terminal (unit) - оптичний мережевий термінал (модуль, блок).
3. S - splitter - спліттер (розгалужувач).
4. OC - optical cable - оптичний кабель.

Термін «Пасивна мережа» означає, що в мережі застосовуються елементи, які не потребують електроживлення. Не вимагають живлення для своєї роботи сплітери, оптичні кабелі, кроси, оптичні муфти, коннектори і т.д. Загальна структура пасивної оптичної мережі показана на рисунку 1.4 [8].

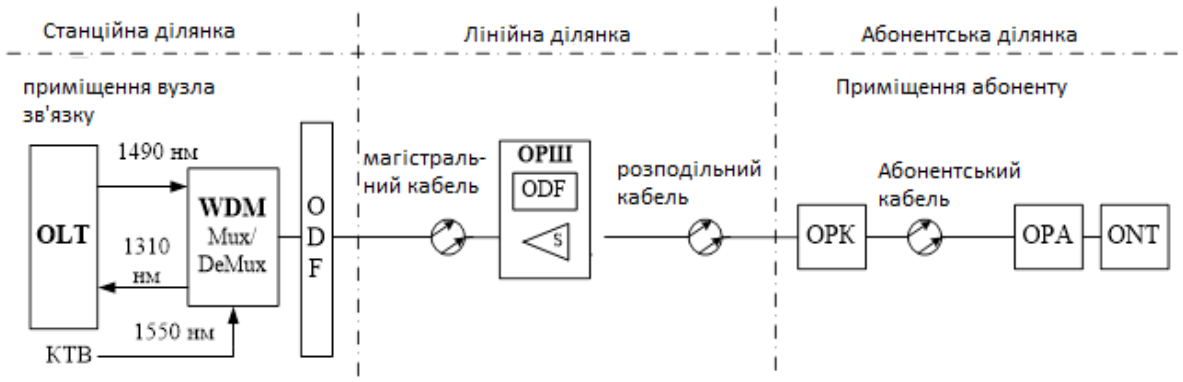


Рис.1.4 Загальна структура пасивної оптичної мережі

Пасивна оптична мережа складається з трьох ділянок: станційної, лінійної і абонентської. Максимальна дальність зв'язку від OLT до ONT в даний час складає 20 км.

Станційне устаткування, як правило, розміщується в приміщенні вузла зв'язку. OLT є активним вузлом мережі GPON і виконує наступні функції (приклади):

– концентрація фізичних підключень ONT по оптичному інтерфейсу GPON;

– управління роботою комутаційних модулів, що представляють собою Ethernet-комутатори;

– резервування комутаційних модулів в режимі 1 + 1;

– розподіл навантаження між комутаційними модулями;

– забезпечення рівня оптичної потужності на PON-портах;

– захист від засвітки на дереві PON;

– виявлення аварій ліній PON з перемиканням на резервне волокно і резервні інтерфейси;

– синхронізація всіх ONT;

– корекція помилок;

– шифрування даних на інтерфейсах PON;

– організація передачі трафіку абонентів в смузі висхідного потоку з використанням Multi N-CONT;

– управління чергами на рівні портів і VLAN;

– обробка MAC-адреси (фільтрація, обмеження кількості і можливість заборони MAC адреси і ін.);

– підтримка протоколів IPv4 / IPv6;

– підтримка статичної маршрутизації;

– класифікація абонентського трафіку;

– управління терміналами ONT / ONU:

– активація / деактивація;

– перезавантаження;

– відображення статусу і стану фізичних портів;

– відображення рівня оптичного сигналу;

– аварійна сигналізація;

– оновлення програмного забезпечення;

– збір статистики по трафіку.

Інтерфейси PON-рівня забезпечують підключення ONT по одно-, дво- або рідко трикаскадній схемі ієрархії спліттерів. Кількість інтерфейсів PON-рівня в сучасних OLT становить 2, 4, 8.

Інформація до / від користувачів розподілена таким чином:

Uplink (Upstream) - передача інформації від користувачів до OLT зі швидкістю 1,25Гбіт / с на довжині хвилі л = 1310 нм.

Downlink (Downstream) - передача інформації до користувачів від OLT зі швидкістю 2,5Гбіт / с на довжині хвилі л = 1490 нм.

Довжина хвилі л = 1550 нм використовується для організації CaTV (кабельного телебачення) по мережі GPON.

Передача інформації в напрямках Downlink / Uplink в оптичному кабелі здійснюється одночасно, тому що використовуються різні довжини хвиль. Тому розрахунок пропускної спроможності порту завжди виконується для максимальної швидкості.

SNI - service node interface - інтерфейси вузла надання послуг - забезпечують обмін інформацією між користувачем і сервером сервіс-провайдера. Кількість портів SNI в OLT дорівнює 2, що забезпечує надійність зв'язку в напрямку до пакетної мережі.

Швидкість передачі інформації в кожному SNI не перевищує 10 Гбіт / с. Розподіл швидкості між портами SNI має бути рівномірним і здійснюється за допомогою програм, які збалансовують навантаження.

Кожен інтерфейс OLT конструктивно являє собою приймально-передавальний модуль SFP.

WDM - Wavelength Division Multiplexing (Спектральне ущільнення каналів). В технології GPON застосовується оптичний мультиплексор / демультиплексор спектрального поділу по довжинах хвиль.

Спектральне ущільнення каналів (Wavelength-division multiplexing, WDM, мультиплексування з поділом по довжині хвилі) - технологія, що дозволяє одночасно організувати кілька інформаційних потоків по одному

оптичному волокну на різних несучих довжинах хвиль - 1490нм, 1310нм, 1550нм.

За допомогою WDM MUX / DeMUX забезпечується передача / прийом інформації абонентами PON-мережі, а також організація кабельного телебачення по оптичних лініях на довжині хвилі 1550нм.

ODF - Optical Distribution Frame - оптичний розподільний крос використовується для кінцевого закладення оптичних кабелів і підключення їх до апаратури систем передачі. У кросі забезпечується крайова заглушка і зрощування оптоволоконних кабелів. Крос також забезпечує захист оптоволоконних кабелів і з'єднань при вигинах і запобігає руху кабелів з вільно укладеними волокнами кабелів під час роботи або ремонту.

Переваги технології GPON:

1. Повністю стандартизована технологія (рекомендація ITU-T G.984);
2. Мінімальний термін будівництва мережі ШСД;
3. Висока якість надання нових послуг зв'язку;
4. Менш жорсткі вимоги до параметрів тракту передачі інформації;
5. Швидка окупність обладнання;
6. Проста і економічна пара з магістральними мережами;
7. Зниження вартості послуг Triple play за рахунок недорогої технології Ethernet із застосуванням швидкостей від 0,1 до 200 Гбіт / с;
8. Незалежність оптоволокна від електромагнітних завад;
9. Використання лінійного коду NRZ без надмірності;
10. Оптоволокно заводиться безпосередньо до абонента;
11. Оптична лінія зв'язку має високу пропускну здатність;
12. Можливість одночасного надання декількох послуг з одного пристрою;
13. Відсутність залежності швидкості з'єднання від погодних умов;
14. Довговічність, тобто оптоволоконний кабель не гниє і не іржавіє;

15. Сигнал в оптоволоконному кабелі передається не електричними, а світловими імпульсами. Це означає, що немає небезпеки отримати травму від удару струмом;

16. Можливість підключення декількох послуг через один ONT;

17. Простіший перехід на 10G GPON;

Недоліки технології GPON:

1. Необхідність шифрування потоку даних. PON - технологія із загальним середовищем передачі даних, тому окремі потоки інформації необхідно шифрувати. Це може знижувати корисну швидкість передачі, а також не захищає інформацію від злому на фізичному рівні;

2. Загальна смуга пропускання. Смуга пропускання в мережі PON використовується якомога більшим числом абонентів. В даний час технологія GPON забезпечує швидкість down, рівну 2,5 Гбіт /, яка не відповідає довгостроковій перспективі. Потреби в підвищенні пропускної здатності ростуть великими темпами. Крім того, частина смуги пропускання резервується для потокових послуг (наприклад, IPTV), що призводить до скорочення загальної смуги пропускання.

3. Необхідність більшої потужності оптичного сигналу. При наявності пасивних елементів енергетичний потенціал лінії зв'язку падає на кілька децибел. Це вимагає великої потужності вихідного сигналу.

Для підприємств споживачів мережі SDH визначилася проблема. У кількісному відношенні, обсяг інформації, який передається по IP-мережах, набагато перевищив обсяг інформації SDH. Магістральні канали SDH-мереж стали поступатися по продуктивності абонентським портам IP-мережі.

Стало фізично неможливо пропустити весь пакетний трафік усередині SDH. Важливо, що цифрові канали SDH-мережі, при замовленні в операторів зв'язку, коштують помітно дорожче IP-каналів, і підтримувати зв'язність регіональних SDH-мереж з продуктивними магістральними каналами стає все дорожче (рисунок 1.5).

І це призвело до необхідності розвивати IP-мережу вже не всередині SDH, а паралельно їй. Так і вийшло, що на сьогоднішній день багато підприємств експлуатують 2 типи мереж. SDH мережа - для обслуговування технологічних процесів і виробничих потреб, і IP-мережу для бізнес-додатків, телефонії і відео.

Очевидно, що якщо буде така транспортна мережа, яка зможе обслуговувати обидва види сервісів, це суттєво знизило б витрати підприємств на інфраструктуру, обслуговування та модернізацію транспортної мережі.

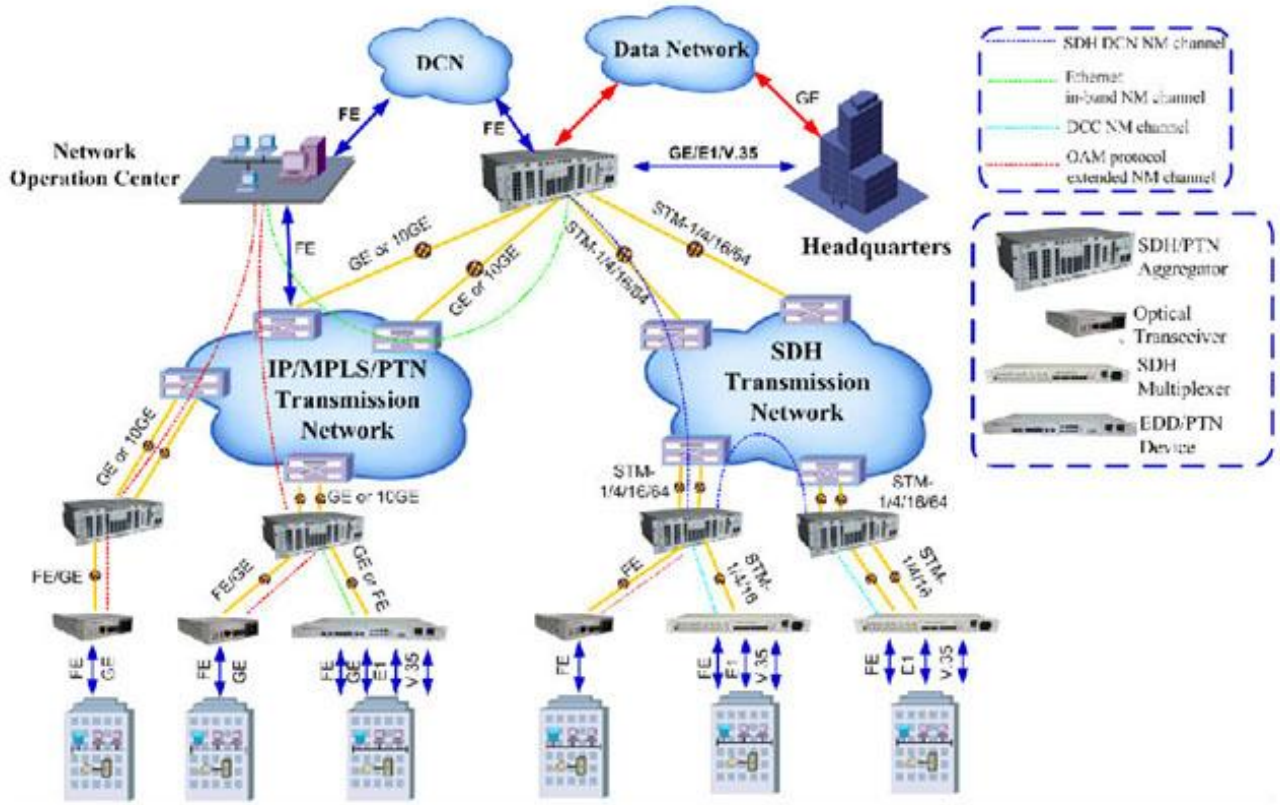


Рис.1.5 Схема мережі підприємства з роздільним обслуговуванням сервісів [7]

Передумовами для створення такої мережі - розробка компанією Cisco технології CEF (Cisco Express Forwarding) і, заснованої на цій технології, мережі MPLS (Multi Protocol Label Switching).

Мережа MPLS розроблялася для передачі різного виду трафіку, включаючи IP-пакети, осередки ATM, фрейми SDH і кадри Ethernet. Сама технологія MPLS має на меті прискорити передачу пакетів через пристрої маршрутизації.

Для цього в рамках одного MPLS-домену, на підставі інформації протоколів маршрутизації, і таблиць створених CEF, MPLS формує таблицю міток.

Ця таблиця заповнюється для всіх інтерфейсів, на яких включений MPLS.

Таблиця LFIB містить інформацію про те, куди направити вхідний трафік з кожного з підключених інтерфейсів, і яку операцію виконати з заголовком міток.

З цього моменту всі операції з пакетами виробляються відповідно до цих таблиць, на рівні комутації. У прикладному сенсі це в рази, а іноді і на порядки прискорює прийом, обробку та відправку пакетів.

Тепер для обробки пакета не треба розбирати пакет, отримувати з нього адреси призначення, шукати інформацію про маршрути в таблицях маршрутизації. Всі маніпуляції з трафіком зводяться до того, щоб, прийнявши пакет з одного інтерфейсу, відразу відправити його у вихідний інтерфейс і змінити у нього мітку MPLS. З усіма пакетами, що увійшли в певний інтерфейс, проводиться одна і та ж дія. Ця модель дуже нагадує перемикання каналів в SDH.

### 1.3 Технологія MPLS

Технологія MPLS знайшла застосування у операторів зв'язку, корпоративних замовників, у тих, кому було необхідно експлуатувати мережі

великого масштабу, обслуговувати на магістральному рівні різнорідний трафік.

Але в той же час, MPLS по ряду причин все ще не влаштовувала споживачів, чиї вимоги фокусувалися на гарантованій доставці інформації і безперебійності роботи. Тому було кілька причин.

По-перше, мережа MPLS не володіла потужними механізмами контролю та управління станом каналів.

Самі канали передачі даних формувалися на підставі даних таблиць маршрутизації, в створенні яких брали участь протоколи динамічної маршрутизації.

Тобто канали не були зафіксовані, при зміні IP-маршрутизації змінювалися і маршрути каналів MPLS. Наступне, канали MPLS були спільнонаправленими.

Тобто маршрут з точки А в точку В міг не збігатися зі зворотним маршрутом. Можливо, позначилася відсутність фахівців необхідної кваліфікації. При тому, що MPLS полегшувало життя користувачам мережі, інженерний персонал повинен бути досить високої кваліфікації [8].

Основна відмінність MPLS-TP від MPLS-мережі є її близькість до SDH ідеології. З маршрутної інформації було виключено вплив динамічних протоколів маршрутизації, автоматичне оновлення таблиць маршрутизації в момент зміни структури або складу мережі.

Мережа стала більш передбачуваною. Всі компоненти встановлюються оператором через систему управління мережею, і включають в себе обов'язковий набір компонентів, властивий для всіх рівнів каналів передачі даних.

Розглянемо основні протоколи мультисервісних мереж. Дисципліна обміну інформацією між різними мережевими пристроями в архітектурі МСМ визначається за допомогою набору стандартних протоколів, які, взагалі кажучи, модифікуються для вирішення виникаючих час від часу проблем. Ці протоколи

є одним з основних елементів мультисервісних мереж. Схема взаємодії протоколів приведена на рисунку 1.6.

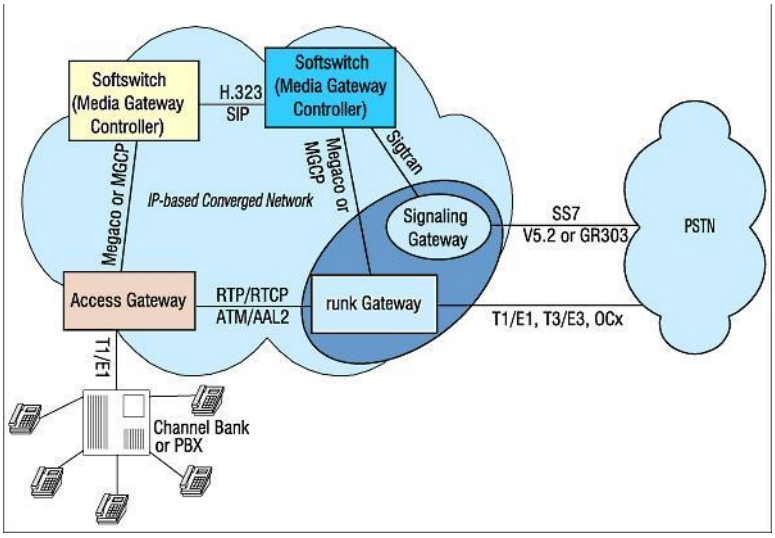


Рис.1.6 Схема взаємодії протоколів мультисервісних мереж

Протокол H.323.Стандарт ITUT H.323 був розроблений для забезпечення установки викликів і передачі голосового і відеотрафіку по пакетним мережам, зокрема Internet і Intranet, які не гарантують якості послуг (QoS). Він використовує протоколи RealTime Protocol і Real-time Transport Control Protocol (RTP / RTCP), розроблені групою IETF, а також стандартні кодеки ITUT серії G.xxx [9].

Протокол H.323 був першим в реалізаціях технології VoIP, але під тиском індустрії він почав поступатися позиціями розробленого IETF протоколу SIP, який виявився простіше і краще зі зміненим розміром. Однак ITU удосконалив протокол H.323, підвищивши швидкість встановлення з'єднань і масштабованість.

Session Initiation Protocol (SIP). Це протокол прикладного рівня, за допомогою якого здійснюються такі операції, як встановлення, модифікація і завершення мультимедійних сесій або викликів по IP-мережі. В мультисервісних мережах SIP виконує функції, аналогічні тим, які реалізовані в H.323. Сесії SIP можуть включати мультимедійні конференції, дистанційне навчання, Internet-телефонію і інші подібні програми. Сьогодні він претендує на роль міжнародного стандарту.

Media Gateway Control Protocol.Протокол MGCP використовується для управління шлюзами MG. Він розроблений для архітектури, в якій вся логіка обробки викликів розташовується поза шлюзами, і управління виконується зовнішніми пристроями, такими, як MGC або агенти викликів.

Модель викликів MGCP розглядає шлюзи MG як набір кінцевих точок, які можна з'єднати один з одним. Кінцеві точки можуть бути або фізичними (такими, як аналогова телефонна лінія або цифрова магістраль), або віртуальними (потік даних по з'єднанню UDP / IP).

MEGACO / H.248.Протокол Media Gateway Control Protocol (MEGACO) замінює MGCP в якості стандарту для управління шлюзами MG. MEGACO служить загальною платформою для шлюзів, пристроїв управління багатоточковими сполуками і пристроїв інтерактивної голосової відповіді.

Модель з'єднань, яка використовується MEGACO, концептуально більш проста, ніж для протоколу MGCP. MEGACO розглядає шлюзи MG як набір кінцевих пристроїв, які можуть бути співвіднесені один з одним усередині певного контексту.

Протокол Signaling Transport – SIGTRAN являє собою набір протоколів для передачі сигнальної інформації по IP-мережам. Він є основним транспортним компонентом в розподіленій архітектурі VoIP і використовується в таких пристроях, як SG, MGC, Gatekeeper.

SIGTRAN реалізує функції протоколу SCTP (Simple Control Transport Protocol) і рівнів адаптації (Adaptation Layers). SCTP відповідає за надійну передачу сигнальної інформації, здійснює управління потоком, забезпечує безпеку. У функції Adaptation Layers входить передача сигнальної інформації від відповідних сигнальних рівнів, що використовують служби SCTP.

Сьогодні MPLS - це основний протокол для побудови мультисервісних IP мереж операторів зв'язку. MPLS працює спільно з протоколом IP і протоколами динамічної маршрутизації, такими як IS-IS, OSPF, BGP. Ключовий компонент MPLS - LSP (Label Switched Path) або MPLS тунель, по якому передаються клієнтські дані.

MPLS-TP складається з 3-х рівнів логічних з'єднань для організації призначеного для користувача каналу.

Передбачається, що до початку програмування сервісів всі прилади мережі об'єднані між собою в якусь топологію через високошвидкісні канали Ethernet.

Перший логічний рівень організації сервісу мережі MPLS-TP - створення LSP (Label Switched Path) маршруту комутованих міток.

Це логічне з'єднання між двома вузлами мережі MPLS-TP. LSP визначає мітки і вхідні / вихідні магістральні інтерфейси для доставки трафіку від одного вузла мережі до іншого.

Наступний рівень - рівень PW (pseudowire). PW - логічний канал передачі даних підтримує певний тип абонентського сервісу.

Залежно від типу сервісу, PW містить інформацію про пріоритети трафіку, необхідну пропускну спроможність каналу.

Через ці характеристики PW підтримує необхідну якість сервісу, задає порядок і пріоритет пропуску трафіку через LSP і магістральні інтерфейси.

Для отримання маршрутної інформації PW прив'язується до LSP. На цьому ж рівні описується метод резервування для користувача каналу передачі даних.

І, нарешті, рівень сервісу. На цьому рівні визначається тип трафіку і призначаються для користувача інтерфейси.

Відповідно до заявлених пріоритетів вибирається PW для транспортування даних сервісу.

Мережа з комутацією пакетів при необхідності передачі даних формує пакет, що містить адресну і службову інформацію, і відправляє цей пакет в мережу. Надалі починають працювати алгоритми, пов'язані з подіями відправки / отримання пакетів.

Для забезпечення управління, мілісекунди реакції на аварійні події всі рівні організаційної ієрархії MPLS-TP контролюються протоколом BFD (рисунок 1.7).

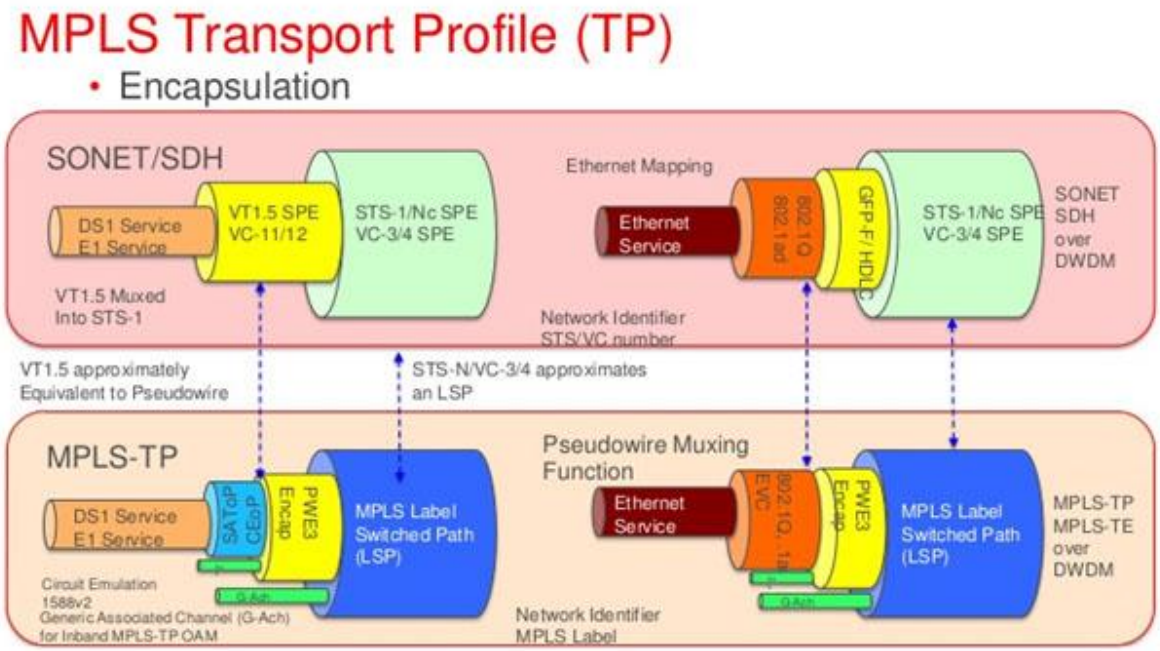


Рис.1.7 Логіка організації сервісів в MPLS-TP [4]

В частині управління та моніторингу системи управління MPLS-TP підтримують аварійні події стандарту SDH в частині організації каналу, синхронізації та моніторингу за станом лінків. Для управління пакетними каналами передачі підтримуються події стандартів E802.3ag, Y.1731. Перевагою NMS-систем мереж MPLS-TP є те, що вони легко читаються і обслуговуються фахівцями, підготовленими для мереж SDH.

У підсумку, з мережею MPLS-TP отримали робочу і перевірену технологію, яка може об'єднати сервіси пакетної і SDH мереж в одній інфраструктурі. Напрацювання, які були реалізовані в технології MPLS-TP, надають користувачам отримати на пакетній мережі канали передачі даних, які за якістю не поступаються каналам SDH. При цьому MPLS-TP мережа легко справляється з піковими навантаженнями, оптимальним чином розподіляє фізичні ресурси мережі між різними сервісами на підставі призначених пріоритетів QoS. Вміє обслуговувати велику кількість сесій

нерегулярного трафіку, такого як відео, голос або прикладні сервіси (пошта, ftp, торренти).

Основні характеристики мережі MPLS-TP:

– організація двонапрямлених каналів по заданим користувачем маршрутам;

– контроль за станом каналу передачі даних на всіх логічних і фізичних рівнях за допомогою протоколів BFD і OAM;

– відсутність невизначеностей, пов'язаних з динамічною маршрутизацією;

– управління пріоритетами трафіку, мінімізація черг;

– виділення смуги пропускання при організації каналу, гарантований ресурс смуги для всіх сервісів;

– резервування маршрутів, сервісів і портів;

– швидкості відновлення трафіку до 50 ms (вимоги SDH);

– високошвидкісні магістральні інтерфейси (Nx1G, 10G, 40G);

– інтерфейси STM, сумісність з існуючими мережами SDH.

Перераховані можливості дозволяють користувачам плавно мігрувати з мереж SDH на мережі MPLS-TP без шкоди якості отримуваних послуг. В результаті, об'єднавши сервіси пакетної і SDH мереж на одній інфраструктурі, підприємство отримує одну мережу, що задовольняє всім вимогам. Важливо, що в процесі міграції можливо отримати додатковий приріст продуктивності, пов'язаний з високими швидкостями магістральних інтерфейсів.

Оскільки пакетна мережа може підтримувати будь-які топології, а не тільки «кільце», можливо проектувати мережі з пов'язаною і частково пов'язаною топологією, що призводить до додаткових ресурсів резервування каналів передачі даних. Ідеологія управління мережею MPLS-TP легко зрозуміла фахівцям, підготовленим для роботи з мережами SDH, це

виключає необхідність в тривалій перепідготовці обслуговуючого мережу персоналу.

Мережа MPLS-TP на рівні фізичних інтерфейсів сумісна з мережами IP / MPLS, а значить для приєднання сегментів мережі підприємства, можна замовляти у операторів зв'язку не дорогі канали цифрової ієрархії, але звичайні IP-підключення рівня L2.

В результаті впровадження на підприємстві магістральної мережі технології MPLS-TP досягаються наступні цілі:

– замість 2-х різних мереж для IP і SDH сервісів всі потреби підприємства обслуговує 1 мережа;

– підвищується керованість і надійність мережі за рахунок застосування нової топології, розширених механізмів управління та моніторингу;

– зниження вартості володіння за рахунок оптимізації роботи обслуговуючого персоналу мережі;

– зниження платежів за оренду виділених каналів за рахунок використання каналів MPLS замість TDM на магістральних ділянках мережі.

Набір затверджених специфікацій Generalized MPLS з'явився не так давно, проте сплеску публікацій і обговорень не було.

Але й не можна сказати, що поява GMPLS пройшла непоміченою і не зробила впливу на розвиток концепції багатопротокольної комутації по мітках в цілому.

Найбільшу увагу привернув частий випадок GMPLS, який отримав назву MPLambdaS - багатопротокольна лямбда (тобто світлової хвилі) комутація, іноді іменована в публікаціях MPλS.

Тут лямбда (lambdas) і є мітками, що, на думку авторів [9], зіграє величезну роль, як в якості технології оптичного управління, так і при використанні в технології комутації пакетів фізичного шляху поверх оптичного. Настільки оптимістичний прогноз ролі MPLambdaS в побудові оптичних мереж пов'язаний зі зменшенням кількості функціональних рівнів,

необхідних для виконання тих же самих завдань, оскільки завдяки використанню MPLS безпосередньо поверх рівня DWDM усувається необхідність в таких рівнях як ATM і SDH.

Ідея про можливість поширити парадигму заміни міток на нові оптичні технології була вперше представлена як специфікація управління світловими шляхами, або оптичним слідами. Кожен вузол OXC (Optical Cros - Connect) взаємодіє, подібно MPLS LSR, з площиною управління.

Між сусідніми OXC створюється окремий канал управління IP. Світлові шляхи стають трактами LSP, а вибір лямбда і портів крос J з'єднання виявляється процесом, який є аналогічним процесу призначення міток і прив'язки їх до FEC.

GMPLS можна розглядати як узагальнення MPLambdaS і як більш універсальне розширення технологій ядра MPLS, які використовують парадигму заміни міток і протоколу площини управління для різних комутаційних технологій, в першу чергу (але не тільки), оптичних.

Ці технології включають в себе комутацію з тимчасовим поділом (зустрічається, наприклад, в мультиплексорах SDH, де тимчасові інтервали і є мітками), комутацію за довжинами хвиль (зустрічається в OXC, де мітками є частоти) і просторову комутацію (зустрічається в мережевих пристроях, які направляють трафік від вхідного порту або волокна до відповідного вихідного порту або волокна, де мітками є номери портів).

Таким чином, MPLS еволюціонує до GMPLS шляхом поширення поняття «мітка» на тимчасове мультиплексування TDM, частотне мультиплексування FDM і просторове мультиплексування SDM. Мітки перестають бути виключно додатковими полями в заголовку пакета мережного рівня, вони можуть бути також оптичними лямбда і т.п.

Існують чотири класи трактів, які можна створювати за допомогою сигналізації GMPLS:

• статистично-мультиплексовані тракти - переносять звичайні пакети MPLS, що використовують проміжний заголовок,

• тракти TDM - кожен часовий канал є міткою,

• тракти FDM - кожна електромагнітна частота (довжина світлової хвилі) є міткою,

• тракти SDM - міткою є позиція, наприклад, місце розташування волокна в пучку.

Технологія GMPLS специфікована в документі RFC 3471, що описує саму технологію, а також в RFC 3472, присвяченому сигналізації CR-LDP, і в RFC 3473, що описує протокол RSVP-TE.

Всі три документи мають схожу структуру, але якщо в RFC 3471 специфікуються тільки інформаційні поля повідомлень, то в двох інших документах ці поля до того ж обрамляються службовою інформацією того чи іншого протоколу. Це допускає ще одне трактування слова Generalized в назві технології.

Йдеться про те, що GMPLS розширює і число типів обладнання, що входить в MPLS-мережу.

Універсальність нової архітектури полягає в тому, що вона може включати в себе LSR, не здатні аналізувати заголовки пакетів, а виробляти маршрутизацію, ґрунтуючись на тимчасових інтервалах, довжинах хвиль або фізичних портах.

Таким чином, ланки між всіма LSR можуть бути розділені на наступні класи:

• ланки Packet-Switch Capable (PSC), тобто ланки між тими LSR, які здатні розрізняти границі пакетів і осередків і виконувати маршрутизацію, ґрунтуючись на змісті їх заголовків, наприклад, ланки між звичайними MPLS/LSR або ATM-комутатори;

• ланки Time-Division Multiplex Capable (TDM), через які дані маршрутизуються на основі тимчасових інтервалів, наприклад, ланки SDH або ланки між цифровими АТС;

• ланки Lambda Switch Capable (LSC), маршрутизація через які ведеться на основі довжини хвилі, тобто ланки між оптичними лямбда-комутаторами;

• ланки Fiber-Switch Capable (FSC), через які дані маршрутизуються на основі фізичного середовища їх перенесення, наприклад, ланки між оптичними комутаторами, які працюють з декількома фізичними волокнами. Оскільки PSC-ланки нічим не відрізняються від ланок, які використовуються в традиційній MPLS-мережі, нижче ми будемо розрізняти PSC-ланки і не PSC-ланки, так як саме наявність останніх зумовили створення більшості опцій GMPLS.

Ми бачимо тепер, що можна формувати ієрархію маршрутизації, як це показано на рисунку 1.8.

Нагорі ієрархії розташуються FSC-ланки, за ними - LSC, потім TDM і, нарешті, PSC.

Таким чином, LSP, який починається і закінчується PSC-ланкою, може (разом з кількома іншими LSP) бути поміщений в LSP, що починається і закінчується TDM-ланкою. LSP рівня TDM і інших рівнів також можуть бути вкладені в LSP, ієрархічно розташовані вище.

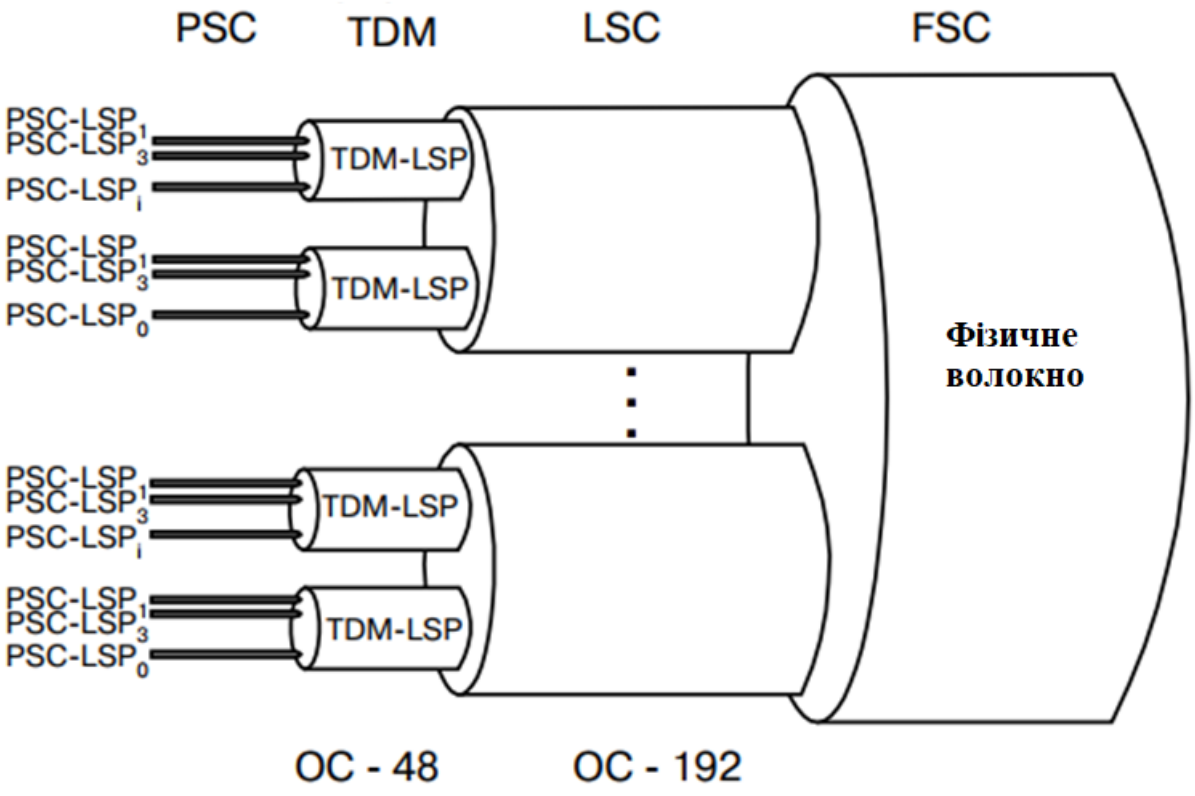


Рис.1.8 Структура LSP в GMPLS

Для реалізації цих нововведень в базовий варіант технології MPLS введений ряд змін, які торкнулися основних властивостей LSP, процесу розподілу міток, односпрямованої природи LSP, обробки помилок і синхронізації вхідного і вихідного пристрою LSP. TE-з'єднання традиційної MPLS, уздовж яких проходить LSP, можуть являти собою набір магістралей з різним кодуванням міток.

Таким може бути, наприклад, LSP, що складається з ланок між маршрутизаторами, між маршрутизаторами і ATM-комутаторами і між ATM-комутаторами.

На основі першого розділу можна зробити висновок, що технології мультисервісних мереж вдосконалюються. На перший план постає питання вибору алгоритму маршрутизації. Детальніше алгоритми маршрутизації і методика їх вибору в залежності від різного роду факторів буде наведена у наступних розділах магістерської дисертації.

# РОЗДІЛ 2 МАРШРУТИЗАЦІЯ В МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖАХ

В межах даного розділу розглянемо динамічні протоколи маршрутизації в мультисервісних мережах.

Основними протоколами динамічної маршрутизації є IS-IS, OSPF, BGP [10].

## 2.1 Огляд протоколу IS-IS

Протокол IS-IS - це протокол внутрішнього шлюзу (IGP), який використовує інформацію про стан каналу для прийняття рішень про маршрутизацію.

Фактично це протокол IGP, що визначає стан каналу, який використовує алгоритм пошуку найкоротшого шляху (SPF) для визначення маршрутів. IS-IS оцінює зміни топології і визначає, чи слід виконати повний перерахунок SPF або частковий розрахунок маршруту (PRC). Спочатку цей протокол був розроблений для маршрутизації пакетів протоколу мережі без встановлення з'єднання (CLNP) Міжнародної організації зі стандартизації (ISO).

Як і маршрутизація в OSPF, IS-IS використовує пакети вітання, які дозволяють швидко виконати конвергенцію мережі при виявленні мережевих змін. IS-IS використовує алгоритм SPF для визначення маршрутів. Використовуючи SPF, IS-IS оцінює зміни топології мережі і визначає, чи повний або частковий розрахунок маршруту.

Мережа IS-IS - це окрема автономна система (AS), також звана доменом маршрутизації, яка складається з кінцевих систем і проміжних систем. Кінцеві системи - це мережеві об'єкти, які відправляють і приймають пакети. Проміжні системи відправляють і приймають пакети і ретранслюють

(пересилають) пакети. (Проміжна система - це термін OSI для маршрутизатора.) Пакети ISO називаються мережевими PDU.

У IS-IS окрему AS можна розділити на більш дрібні групи, звані областями. Маршрутизація між областями організована ієрархічно, що дозволяє адміністративно розділити домен на більш дрібні області. Ця організація досягається шляхом налаштування проміжних систем Рівня 1 і Рівня 2. Маршрут систем рівня 1 в межах області: коли пункт призначення знаходиться за межами області, вони направляються до системи рівня 2. Проміжні системи рівня 2 направляють між областями і до інших автономних систем. Ніяка область IS-IS не функціонує строго як магістраль.

Маршрутизатор рівня 1 спільно використовує інформацію про маршрутизацію всередині області, а маршрутизатори рівня 2 обмінюються інформацією між областями про IP-адреси, доступні в кожній області. Маршрутизатори IS-IS можуть діяти як маршрутизатори як рівня 1, так і рівня 2, спільно використовуючи внутрішьозонові маршрути з іншими маршрутизаторами рівня 1 і міжзональні маршрути з іншими маршрутизаторами рівня 2.

Поширення оновлень стану каналу визначається межами рівня. Всі маршрутизатори на рівні підтримують повну базу даних станів каналів для всіх інших маршрутизаторів того ж рівня. Потім кожен маршрутизатор використовує алгоритм Дейкстри для визначення найкоротшого шляху від локального маршрутизатора до інших маршрутизаторів в базі даних станів каналів.

IS-IS використовує мережеві адреси ISO. Кожен адреса визначає точку підключення до мережі, наприклад інтерфейс маршрутизатора, і називається точкою доступу до мережевої служби (NSAP).

IS-IS підтримує кілька адрес NSAP на інтерфейсі lo0 зворотньої петлі.

Кінцева система може мати декілька адрес NSAP, і в цьому випадку адреси відрізняються тільки останнім байтом (званим n-селектором). Кожна

NSAP є службою, доступною на цьому вузлі. Окрім наявності декількох сервісів, один вузол може належати кільком областям.

Кожен мережевий об'єкт також має спеціальну мережеву адресу, звану заголовком мережевого об'єкта (NET). Структурно NET ідентичний адресі NSAP, але має n-селектор 00. Більшість кінцевих систем і проміжних систем мають одну NET. Проміжні системи, які беруть участь в декількох областях, можуть мати кілька мереж.

Наступні адреси ISO ілюструють формат адреси IS-IS:

49.0001.00a0.c96b.c490.00

49.0001.2081.9716.9018.00

Системний ідентифікатор повинен бути унікальним в мережі. Для IP-мережі рекомендується використовувати IP-адресу інтерфейсу маршрутизатора. Налаштування адреси NET зі зворотним зв'язком з IP-адресою корисне, коли потрібно усунення неполадок в мережі.

Перша частина адреси - це номер області, який представляє собою змінний номер від 1 до 13 байтів. Перший байт номера області (49) - це індикатор повноважень і формату (AFI). Наступні байти - це присвоєний ідентифікатор домену (області), який може бути від 0 до 12 байтів. У наведених вище прикладах ідентифікатор області 0001.

Наступні шість байтів утворюють системний ідентифікатор. Системний ідентифікатор може складатися з будь-яких шести байтів, унікальних для всього домену. Системним ідентифікатором зазвичай є адреса управління доступом до середовища (MAC) (як в першому прикладі, 00a0.c96b.c490) або IP-адреса, яка виражається в двійково-десятковому форматі (BCD) (як у другому прикладі, 2081.9716.9018, що відповідає IP-адресі 208.197.169.18). Останній байт (00) - це n-селектор.

Кожен PDU IS-IS має загальний заголовок. IS-IS використовує такі PDU для обміну інформацією протоколу:

- IS-IS hello (IIH) PDU - широкомовлення для виявлення ідентичності сусідніх систем IS-IS і визначення того, чи є сусіди проміжними системами рівня 1 або рівня 2.

Блоки PDU вітання IS-IS встановлюють суміжності з іншими маршрутизаторами і мають три різних формати: один для пакетів вітання точка-точка, один для каналів широкомовної передачі рівня 1 і один для каналів широкомовної передачі рівня 2. Маршрутизатор рівня 1 повинен спільно використовувати одну і ту ж адресу області для утворення суміжності, в той час як маршрутизатори рівня 2 не мають цього обмеження. Запит на суміжність кодується в поле типу ланцюга PDU.

PDU Hello мають заздалегідь встановлену довжину. Маршрутизатор IS-IS не змінює розмір будь-якого PDU для відповідності максимальній одиниці передачі (MTU) на інтерфейсі маршрутизатора. Кожен інтерфейс підтримує максимальне значення IS-IS PDU в 1492 байта, а блоки hello PDU доповнюються, щоб відповідати максимальному значенню. Коли вітання відправляється на сусідній маршрутизатор, інтерфейс підключення підтримує максимальний розмір PDU.

PDU стану каналу - містять інформацію про стан суміжності з сусідніми системами IS-IS. PDU стану каналу періодично розсилаються по всій області.

Також включені метрики і інформація про сусідів IS-IS. Кожен PDU стану каналу повинен підлягати періодичному оновленню в мережі і підтверджується інформацією в PDU порядкового номера.

У двоточкових каналах кожен PDU стану каналу підтверджується PDU з частковим порядковим номером (PSNP), але по широкомовних каналах повний PDU з порядковим номером (CSNP) відправляється по мережі. Будь-який маршрутизатор, який знаходить нову інформацію PDU про стан каналу в CSNP, потім видаляє застарілий запис і оновлює базу даних про стан каналу.

PDU стану каналу підтримують адресацію маски підмережі змінної довжини.

PDU з повним порядковим номером (CSNP) - містять повний список усіх PDU про стан каналу в базі даних IS-IS. CSNP періодично відправляються по всіх каналах, і приймаючі системи використовують інформацію в CSNP для поновлення і синхронізації своїх баз даних PDU стану каналів. Призначений маршрутизатор виконує багатоадресну розсилку CSNP по широкомовних каналах замість відправки явних підтверджень для кожного PDU стану каналу.

У CSNP міститься ідентифікатор PDU стану каналу, час життя, порядковий номер і контрольна сума для кожного запису в базі даних. Періодично CSNP відправляється як по широкомовним, так і по двоточковим каналам, щоб підтримувати правильну базу даних. Крім того, оголошення CSNP відбувається, коли створюється суміжності з іншим маршрутизатором. Як і IS-IS hello PDU, CSNP бувають двох типів: рівня 1 і рівня 2.

Якщо отримано CSNP, перевіряються записи бази даних по своїй локальній базі даних станів каналів. Якщо буде виявлено, що відсутня інформація, пристрій запитує докладні дані PDU про стан каналу, використовуючи PDU з частковим порядковим номером (PSNP).

PDU з частковим порядковим номером (PSNP) - багатоадресна передача відправляється одержувачем, коли він виявляє, що йому не вистачає PDU стану каналу (коли його база даних PDU стану каналу застаріла). Приймач відправляє PSNP в систему, яка передала CSNP, ефективно запитуючи передачу відсутнього PDU стану каналу. Цей пристрій маршрутизації, в свою чергу, пересилає відсутній PDU стану каналу запитувачу пристрою маршрутизації.

PSNP використовується маршрутизатором IS-IS для запиту інформації PDU про стан каналу у сусіднього маршрутизатора. PSNP може також явно підтверджувати отримання PDU стану каналу в двоточковому каналі. У

широкомовному посиланні CSNP використовується як неявне знання. Подібно hello PDU і CSNP, PSNP також має два типи: рівень 1 і рівень 2.

Коли пристрій порівнює CSNP зі своєю локальною базою даних і визначає, що PDU стану каналу відсутній, маршрутизатор видає PSNP для відсутнього PDU стану каналу, який повертається в PDU стану каналу від маршрутизатора, що відправляє CSNP. Отриманий PDU стану каналу потім зберігається в локальній базі даних, і підтвердження відправляється назад на вихідний маршрутизатор.

## 2.2 Огляд протоколу OSPF

Протокол Open Shortest Path First (OSPF), розроблений Інженерною групою Інтернету (IETF), являє собою протокол внутрішнього шлюзу (IGP) на рівні каналу.

Маршрутизатору потрібен ідентифікатор, якщо він повинен запускати OSPF. Ідентифікатор маршрутизатора - це 32-бітове ціле число без знака, однозначно ідентифікує маршрутизатор в AS.

Ідентифікатор маршрутизатора може бути налаштований вручну або автоматично обраний маршрутизатором:

- Рекомендується вручну налаштувати ідентифікатор маршрутизатора, щоб забезпечити стабільність OSPF.
- Якщо для маршрутизатора вручну не налаштований ідентифікатор маршрутизатора, маршрутизатор вибирає IP-адресу інтерфейсу в якості ідентифікатора маршрутизатора.

Маршрутизатор вибирає свій ідентифікатор маршрутизатора на основі наступних правил:

1. Маршрутизатор переважно вибирає найбільшу IP-адресу серед адрес інтерфейсу зворотного зв'язку в якості свого ідентифікатора маршрутизатора.

2. Якщо інтерфейс зворотного зв'язку не налаштований, маршрутизатор вибирає найбільшу IP-адресу серед інших адрес інтерфейсу в якості свого ідентифікатора маршрутизатора.

Після того, як маршрутизатор запустив OSPF і вибрав свій ідентифікатор маршрутизатора, він як і раніше використовує цей ідентифікатор маршрутизатора, якщо інтерфейс, IP-адреса якого використовується в якості ідентифікатора маршрутизатора, не працює або зникає (наприклад, виконується команда undo interface loopback loopback-number) або існує більша IP-адреса інтерфейсу.

Маршрутизатор може отримати новий ідентифікатор маршрутизатора тільки після переналаштування ідентифікатора маршрутизатора для маршрутизатора або ідентифікатора маршрутизатора OSPF і перезапуску процесу OSPF.

OSPF - це протокол стану каналу. Посилання можна розглядати як інтерфейс маршрутизатора. Стан зв'язку - це опис цього інтерфейсу і відносин з сусідніми маршрутизаторами. Сукупність усіх цих станів посилань утворює базу даних станів посилань (LSDB) [11].

Типи пакетів представлені у вигляді таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Типи пакетів

| **Тип пакета** | **функція** |
|---|---|
| Пакет вітання | Періодично відправляється для виявлення і підтримки відносин між сусідами OSPF. |
| Пакет опису бази даних (DD) | Містить коротку інформацію про локальну базу даних станів каналів (LSDB) і синхронізує LSDB на двох пристроях. |
| Пакет запиту стану каналу (LSR) | Запитує необхідні LSA у сусідів. Пакети LSR відправляються тільки після успішного обміну DD-пакетами. |

| Тип пакета | функція |
|---|---|
| Пакет оновлень стану каналу (LSU) | Відправляє необхідні LSA сусідам. |
| Пакет підтвердження стану каналу (LSAck) | Підтверджує отримання LSA. |

Типи LSA представлені у вигляді таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Типи LSA

| Тип LSA | Функція |
|---|---|
| Маршрутизатор-LSA (Тип 1) | Описує статус з'єднання і вартість з'єднання маршрутизатора. Він генерується кожним маршрутизатором і оголошується в області, до якої він належить. |
| Мережа-LSA (Тип 2) | Описує статус з'єднання всіх маршрутизаторів в сегменті мережі. Network-LSA генеруються призначеним маршрутизатором (DR) і оголошуються в області, до якої належить DR. |
| Network-summary-LSA (Тип 3) | Описує маршрути до певного сегмента мережі в області. Network-summary-LSA генеруються прикордонним маршрутизатором області (ABR) і оголошуються у всіх областях, крім повністю тупикових і Not-So-Stubby областей (NSSA). Наприклад, ABR належить як області 0, так і області 1. Область 0 має сегмент мережі 10.1.1.0, а область 1 має сегмент мережі 11.1.1.0. LSA типу 3 мережевого сегмента 11.1.1.0, згенерованого ABR для області 0, і LSA типу 3 мережевого |

| Тип LSA | Функція |
|---|---|
| | сегмента 10.1.1.0, згенерованого ABR для області 1, оголошуються в повному обсязі тупикової області або NSSA. |
| ASBR-summary-LSA (Тип 4) | Описує маршрути до граничного маршрутизатора автономної системи (ASBR). ASBR-summary-LSA генеруються ABR і оголошуються всім пов'язаним областям, крім області, до якої належить ASBR. |
| AS-external-LSA (Тип 5) | Описує маршрути до пункту призначення за межами AS. AS-external-LSA генерується ASBR і оголошується всім областям, крім тупикових областей і NSSA. |
| NSSA-LSA (Тип 7) | Описує маршрути до пункту призначення за межами AS. Генерується ASBR і рекламується тільки в NSSA. |
| Непрозорий LSA (Тип 9 / Тип 10 / Тип 11) | Надає універсальний механізм для розширення OSPF.<br>LSA типу 9 оголошуються тільки в тому сегменті мережі, де знаходиться інтерфейс, що створює LSA типу 9. LSA Grace, використовувані для підтримки GR, є типом LSA типу 9.<br>LSA типу 10 оголошуються всередині області OSPF. LSA, використовувані для підтримки TE, є типом LSA типу 10.<br>Оголошення LSA типу 11 оголошуються всередині AS. В даний час LSA типу 11 не |

| Тип LSA | Функція |
|---|---|
| | застосовуються. |

На рисунку 2.1 перераховані поширені типи маршрутизаторів, які використовуються в OSPF.

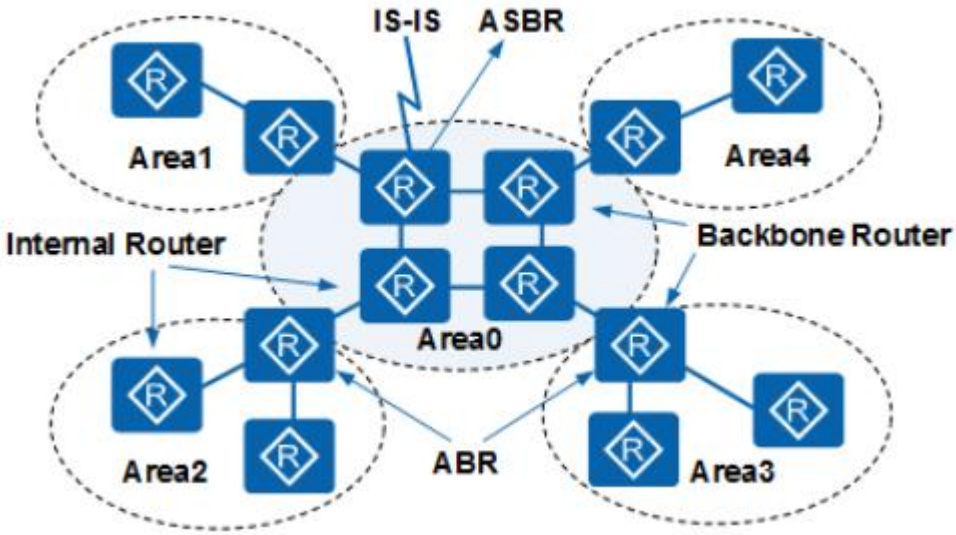


Рис.2.1 Типи маршрутизаторів

Основні типи маршрутизаторів також наведені у вигляді таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Типи маршрутизаторів

| Тип маршрутизатора | Опис |
|---|---|
| Внутрішній роутер | Всі інтерфейси внутрішнього маршрутизатора належать одній і тій же області OSPF. |
| Граничний маршрутизатор області (ABR) | ABR належить двом або більше ніж двом областям, одна з яких повинна бути магістральною областю. ABR використовується для з'єднання магістральної і не магістральної областей. Він може бути фізично або логічно пов'язаний з |

| Тип маршрутизатора | Опис |
|---|---|
| | магістральною областю. |
| Магістральний маршрутизатор | Щонайменше один інтерфейс на магістральному маршрутизаторі належить магістральній області. Внутрішні маршрутизатори в області 0 і все ABR є магістральними маршрутизаторами. |
| Граничний маршрутизатор AS (ASBR) | ASBR обмінюється інформацією про маршрути з іншими AS. ASBR не обов'язково знаходиться на кордоні AS. Це може бути внутрішній маршрутизатор або ABR. Пристрій OSPF, який імпортував інформацію про зовнішню маршрутизацію, стане ASBR. |

Міжзональні і внутрішньозональні маршрути в AS описують мережеву структуру AS. Зовнішні маршрути AS описують маршрути до пунктів призначення за межами AS. OSPF класифікує імпортовані зовнішні маршрути AS на зовнішні маршрути типу 1 і типу 2.

У таблиці 2.4 перераховані типи маршрутів в порядку убування пріоритету.

Таблиця 2.4 – Типи маршрутів в порядку убування пріоритету

| Вибір маршруту | Опис |
|---|---|
| Внутрішньообласний маршрут | Вказує маршрути в межах області. |

| Вибір маршруту | Опис |
|---|---|
| Міжрайонний маршрут | Вказує маршрути між областями. |
| Зовнішній маршрут типу 1 | Зовнішні маршрути 1-го типу мають високу надійність.<br>Вартість зовнішнього маршруту типу 1 = Вартість маршруту від локального маршрутизатора до ASBR + Вартість маршруту від ASBR до пункту призначення зовнішнього маршруту типу 1 |
| Зовнішній маршрут типу 2 | Зовнішні маршрути типу 2 мають низьку надійність, тому OSPF вважає, що вартість маршруту від ASBR до пункту призначення зовнішнього маршруту типу 2 набагато більша, ніж вартість будь-якого внутрішнього маршруту до ASBR.<br>Вартість зовнішнього маршруту 2-го типу = Вартість маршруту від ASBR до пункту призначення зовнішнього маршруту 2-го типу. |

Типи областей представлені у вигляді таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Типи областей

| Тип області | Функція |
|---|---|
| Загальна зона | Області OSPF за замовчуванням є загальними областями. Загальні зони включають стандартні зони і магістральні зони. |

| Тип області | Функція |
|---|---|
| | Стандартна зона - це найбільш поширена зона, яка передає внутрішньозонові маршрути, міжзональні маршрути і зовнішні маршрути.<br>Магістральна область з'єднує всі інші області OSPF. Зазвичай його називають Зона 0. |
| Тупикова область | Тупикова область не оголошує зовнішні маршрути AS, а тільки внутрішньозонові і міжобласні маршрути.<br>У порівнянні з областю, яка не є шлейфом, маршрутизатор в області шлейфу підтримує менше записів маршрутизації і передає менше інформації про маршрутизацію.<br>Щоб гарантувати доступність зовнішніх маршрутів AS, ABR в тупиковій області оголошує маршрути за замовчуванням Типу 3 для всієї тупикової області. Всі зовнішні маршрути AS повинні анонсуватися ABR. |
| Повністю тупикова | Абсолютно тупикова область не оголошує зовнішні маршрути AS або маршрути між областями, а тільки маршрути всередині області.<br>У порівнянні з областю без шлейфу, маршрутизатор в повністю тупиковій області підтримує менше записів маршрутизації і передає менше інформації про маршрутизацію.<br>Щоб гарантувати доступність зовнішніх і міжобласних маршрутів AS, ABR в повністю тупиковій області оголошує маршрути за замовчуванням типу 3 для всієї повністю тупикової області. Всі зовнішні і міжобласні маршрути AS повинні анонсуватися ABR. |

| Тип області | Функція |
|---|---|
| NSSA | NSSA може імпортувати зовнішні маршрути AS. ASBR використовує LSA типу 7 для оголошення імпортованих зовнішніх маршрутів AS всьому NSSA. Ці LSA типу 7 транслюються в LSA типу 5 на ABR, а потім лавинно розсилаються в усій AS OSPF. NSSA має характеристики тупикових областей в AS. ABR в NSSA оголошує маршрути за замовчуванням Типу 7 всьому NSSA. Все міжобласні маршрути повинні оголошуватися ABR. |
| Повністю NSSA | Повністю NSSA може імпортувати зовнішні маршрути AS. ASBR використовує LSA типу 7 для оголошення імпортованих зовнішніх маршрутів AS всьому NSSA. Ці LSA типу 7 транслюються в LSA типу 5 на ABR, а потім лавинно розсилаються в усій AS OSPF. Повністю NSSA має характеристики повністю заглушених областей в AS. ABR в повністю NSSA оголошує маршрути за замовчуванням Типу 3 і Типу 7 для всього NSSA. Всі міжобласні маршрути повинні оголошуватися ABR. |

У таблиці 2.6 перераховані чотири типи мереж OSPF, які класифікуються на основі протоколів канального рівня.

Таблиця 2.6 - Типи мереж OSPF

| Тип мережі | Опис |
|---|---|
| Broadcast | Мережа з протоколом канального рівня Ethernet або Fiber Distributed Data Interface (FDDI) за |

| Тип мережі | Опис |
|---|---|
| | замовчуванням є широкомовною мережею.<br>У широкомовній мережі:<br>Пакети вітання, пакети LSU і пакети LSAck зазвичай передаються в багатоадресному режимі. 224.0.0.5 - це групова IP-адреса, зарезервована для пристрою OSPF. 224.0.0.6 - це групова IP-адреса, зарезервована для OSPF DR або резервного призначеного маршрутизатора (BDR).<br>Пакети DD і LSR передаються в одноадресному режимі. |
| Non-Broadcast Multi-Access (NBMA) | Мережа з протоколом канального рівня Frame Relay (FR), X.25 за замовчуванням є мережею NBMA.<br>У мережі NBMA пакети протоколу, такі як пакети Hello, пакети DD, пакети LSR, пакети LSU і пакети LSAck, відправляються в одноадресному режимі. |
| Point-to-Multipoint (P2MP) | За замовчуванням ніяка мережа не є мережею P2MP, незалежно від того, який тип протоколу канального рівня використовується в мережі. Мережа може бути змінена на мережу P2MP. Поширеною практикою є зміна неповної мережі NBMA на мережу P2MP.<br>У мережі P2MP:<br>Пакети вітання передаються в багатоадресному режимі з використанням адреси 224.0.0.5.<br>Інші типи пакетів протоколу, такі як пакети DD, пакети LSR, пакети LSU і пакети LSAck, відправляються в одноадресному режимі. |

| Тип мережі | Опис |
|---|---|
| Point-to-point (P2P) | За замовчуванням мережу з протоколом канального рівня PPP, HDLC або LAPB є P2P-мережею. У мережі P2P пакети протоколу, такі як пакети Hello, пакети DD, пакети LSR, пакети LSU і пакети LSAck, відправляються в багатоадресному режимі з використанням адреси 224.0.0.5. |

OSPF підтримує аутентифікацію пакетів. Можуть бути отримані тільки пакети OSPF, які були автентифіковано. Якщо пакети OSPF не автентифіковано, відносини сусідства не можуть бути встановлені.

Маршрутизатор підтримує два методи аутентифікації:

- Аутентифікація по області;
- Аутентифікація на основі інтерфейсу.

Якщо налаштовані методи перевірки автентичності на основі області та інтерфейсу, діє перевірка справжності на основі інтерфейсу.

Принципи оголошення маршрутів за замовчуванням представлені у вигляді таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Принципи оголошення маршрутів OSPF за замовчуванням

| Тип області | Функція |
|---|---|
| Загальна зона | За замовчуванням пристрої в загальній області OSPF не створюють автоматично маршрути за замовчуванням, навіть якщо в загальній області OSPF є маршрути за замовчуванням. Коли маршрут за замовчуванням в мережі створюється іншим процесом маршрутизації (не процес OSPF), |

| Тип області | Функція |
|---|---|
| | пристрій, який генерує маршрут за замовчуванням, має анонсувати маршрут за замовчуванням у всій AS OSPF. Після налаштування ASBR генерує LSA ASE типу 5 за замовчуванням і оголошує LSA всій AS OSPF.) |
| Тупикова зона | Тупикова область не дозволяє передавати зовнішні маршрути AS (LSA типу 5) всередині області. Всі маршрутизатори в тупиковій області повинні вивчати зовнішні маршрути AS від ABR. ABR автоматично генерує зведений LSA за замовчуванням (LSA типу 3) і оголошує його всією тупиковою областю. Тоді всі маршрути до пунктів призначення за межами AS можуть бути вивчені з ABR. |
| Повністю тупикова | Абсолютно тупикова область не дозволяє передавати зовнішні маршрути AS (LSA типу 5) або міжзональні маршрути (LSA типу 3) всередині області. Всі маршрутизатори в межах повністю тупикової області повинні вивчати зовнішні маршрути AS і маршрути інших областей від ABR. ABR автоматично генерує зведений LSA за замовчуванням (LSA типу 3) і оголошує його для всієї повністю тупикової області. Потім всі маршрути до пунктів призначення за межами AS і до пунктів призначення в інших областях можна дізнатися з ABR. |
| NSSA | NSSA дозволяє своїм ASBR імпортувати невелику кількість зовнішніх маршрутів AS, але не оголошує |

| Тип області | Функція |
| --- | --- |
| | LSA ASE (LSA типу 5), отримані з інших областей в NSSA. Це означає, що зовнішні маршрути AS можна дізнатися тільки від ASBR в NSSA.<br>Пристрої в NSSA не створюють маршрути за замовчуванням автоматично.<br>При необхідності використовують будь-який з наступних методів:<br>1. Щоб оголошувати деякі зовнішні маршрути за допомогою ASBR в NSSA і оголошувати інші зовнішні маршрути через інші області, необхідне налаштування LSA типу 7 за умовчанням в ABR і оголошення цей LSA в усьому NSSA.<br>2. Щоб анонсувати всі зовнішні маршрути за допомогою ASBR в NSSA, необхідно налаштувати LSA типу 7 за замовчуванням на ASBR і оголосити цей LSA в усьому NSSA.<br>Різниця між цими двома конфігураціями описана нижче:<br>ABR буде генерувати LSA типу 7 за умовчанням незалежно від того, чи містить таблиця маршрутизації маршрут за замовчуванням 0.0.0.0.<br>ASBR буде генерувати LSA типу 7 за замовчуванням тільки в тому випадку, якщо таблиця маршрутизації містить маршрут за замовчуванням 0.0.0.0.<br>Маршрут за замовчуванням завантажується тільки в локальному NSSA, а не в усьому AS OSPF. Якщо маршрутизатори в локальному NSSA не можуть знайти маршрути до зовнішньої сторони AS, вони |

| Тип області | Функція |
|---|---|
| | можуть пересилати пакети за межі AS через ASBR. Однак пакети з інших областей OSPF не можуть бути відправлені за межі AS через цей ASBR. LSA типу 7 за замовчуванням не будуть транслюватися в LSA типу 5 за замовчуванням і лавинно розсилатися в усьому AS OSPF. |
| Повністю NSSA | Повністю NSSA не дозволяє передавати зовнішні маршрути AS (LSA типу 5) або міжзональні маршрути (LSA типу 3) в межах області. Всі маршрутизатори в рамках повністю NSSA повинні дізнаватися зовнішні маршрути AS від ABR. ABR автоматично генерує Summary LSA за замовчуванням і оголошує його всьому NSSA. Потім всі зовнішні маршрути, отримані з інших областей, і маршрути між областями можуть бути анонсовані в рамках NSSA. |

Коли OSPF налаштований на декількох маршрутизаторах в одній і тій же області, більшість даних конфігурації, таких як таймер, фільтр і агрегування, повинні плануватися одноманітно в цій області. Неправильна конфігурація може привести до того, що сусідні маршрутизатори не зможуть відправляти повідомлення один одному або навіть викликати перевантаження маршрутної інформації та зациклення.

Команди, що стосуються OSPF, налаштовані в поданні інтерфейсу, діють незалежно від того, чи включений OSPF. Після відключення OSPF відповідні команди OSPF також існують на інтерфейсах.

## 2.3 Огляд протоколу BGP

Border Gateway Protocol (BGP) - це стандартизований протокол шлюзу, який обмінюється інформацією про маршрутизацію між автономними системами (AS) в Інтернеті [12].

Коли один мережевий маршрутизатор підключений до інших мереж, він не може визначити, в яку мережу найкраще відправляти свої дані. Протокол прикордонного шлюзу розглядає всіх партнерів, які є у маршрутизатора, і відправляє трафік на маршрутизатор, найближчий до місця призначення даних.

Цей зв'язок можливий, тому що при завантаженні BGP дозволяє одноранговим вузлам передавати свою інформацію про маршрутизацію, а потім зберігає цю інформацію в базі інформації про маршрутизацію (RIB).

Протокол прикордонного шлюзу був спочатку створений в 1989 році як швидке рішення для Інтернету, але залишався основним протоколом для трафіку на великі відстані. Однак з тих пір кіберзагрози еволюціонували, і BGP не встигає за ними.

Зловживання протоколом прикордонного шлюзу називається перехопленням BGP, що можливо, оскільки протокол покладається на довіру до оголошених маршрутів. Було зроблено кілька спроб зробити безпечнішу версію BGP, але реалізація надзвичайно проблематична. Більшість нових версій не можуть взаємодіяти зі стандартним BGP, що означає, що кожна AS в світі повинна буде прийняти новий протокол одночасно.

Кілька інцидентів BGP, які відбулися в минулому:

- У 2008 році пакистанський інтернет-провайдер спробував заблокувати доступ пакистанських користувачів до YouTube, направивши трафік в чорну діру. Маршрут був випадково оголошено сусіднім маршрутизаторам, які поширювали його по всьому світу. В цьому випадку YouTube був недоступний лише протягом кількох годин.

- У 2018 році зловмисники навмисно створили невірні маршрути BGP для перенаправлення трафіку, призначеного для служби DNS Amazon.

Перенаправивши трафік на себе, вони змогли вкрасти криптовалюту на суму 100000 доларів.

Приклади використання протоколу прикордонного шлюзу можна знайти всюди, де дві мережі повинні обмінюватися трафіком, наприклад, в точках обміну трафіком Інтернету (IXP). Їх також можна знайти в єдиній комірчастій мережі, де маршрутизаторам необхідно передавати інформацію для пересилання трафіку.

Методи, які зовнішній BGP (eBGP) і внутрішній BGP (iBGP) використовують для відправки та інтерпретації повідомлень, трохи відрізняються, тому багато людей вважають їх двома окремими протоколами.

Призначення iBGP - дозволити пересилання оголошень маршруту eBGP по всій мережі, а не тільки на окреме обладнання. Наприклад, можуть бути налаштовані зовнішні пірингові відносини на IXP. Коли трафік передається мережу за допомогою eBGP, iBGP підхоплює і визначає, куди трафік повинен йти далі в мережі.

Як правило, інтерфейс зворотного зв'язку використовується для встановлення з'єднання між одноранговими вузлами iBGP. Цей метод підключення забезпечує відмовостійкість, тому що, якщо пристрій включено, інтерфейс зворотної петлі завжди буде доступний. Внутрішніх сусідів не потрібно підключати безпосередньо, як зовнішніх; проте вони повинні бути повністю пов'язані, щоб уникнути петель маршрутизації, а це означає, що кожен пристрій має бути логічно підключено до кожного іншого пристрою через пірингові відношення.

Отже, протокол внутрішнього і зовнішнього прикордонного шлюзу - це стандартизовані протоколи шлюзу, призначені для полегшення використання Інтернету шляхом маршрутизації трафіку по мережі.

Протокол прикордонного шлюзу за своєю природою вразливий для атак через свою структуру, засновану на довірі, але перехід на більш безпечний протокол доки занадто складний.

Більшість постачальників мережевого обладнання впроваджують різні операційні системи на свої маршрутизатори і комутатори, тому в галузі не існує стандартизованого способу включення і налаштування BGP.

# РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ МЕРЕЖІ З АДАПТИВНОЮ МАРШРУТИЗАЦІЄЮ

## 3.1 Особливості транспортування інформації в мультисервісній мережі

В межах даного розділу роботи розглянемо адаптивну маршрутизацію.

Основним завданням мультисервісної мережі є транспортування інформації від відправника до одержувача. У більшості випадків потрібно зробити кілька передач між вузлами для досягнення кінцевої точки в передачі даних. Як правило, може бути кілька способів передачі інформації в Інтернеті (рисунок ) [13].

На рис.3.1 видно, що від вузла А до вузла В через мережу може проходити множину різних маршрутів.

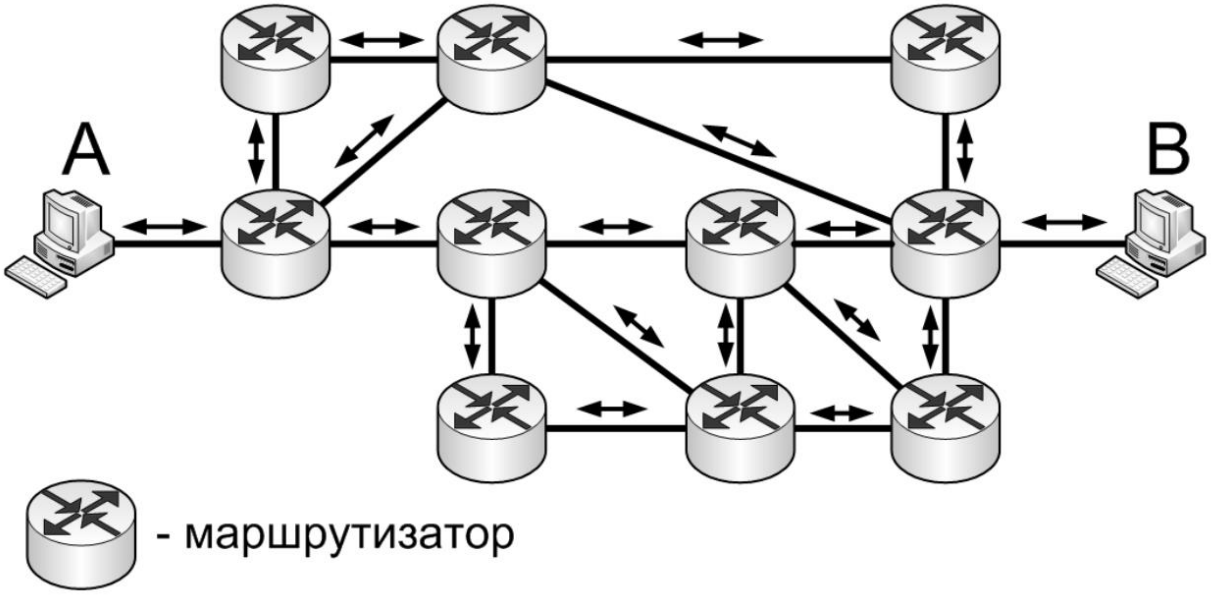


Рис.3.1 Завдання вибору найкращого маршруту

Алгоритми маршрутизації використовуються для вибору найкращого шляху, який відповідає наступним критеріям:

- Максимальна швидкість передачі повідомлення
- Максимальна пропускна спроможність
- Шлях з найменшою кількістю вузлів.

### 3.2 Процес маршрутизації

Маршрутизація включає до себе два паралельні процеси:

Створення таблиці маршрутизації - інформаційна структура, яка надає інформацію про наступний пункт зв'язку для оптимальної доставки даних на сайт призначення.

Керування потоком інформації за допомогою отриманої таблиці.

Програмне забезпечення або обладнання, яке будує таблицю маршрутизації, називається маршрутизаторами. Маршрутизатори вибирають оптимальний шлях на основі різних критеріїв - метрики [14]. Метрики характеризують перевагу вибору маршруту.

В даний час більшість телекомунікаційних мереж використовують адаптивні розподілені алгоритми маршрутизації: алгоритми дистанційного векторного стану та алгоритми стану зв'язку. З розподіленим підходом, всі маршрутизатори в мережі знаходяться в тих же умовах, вони виявляють маршрути, будують маршрутизацію таблиць, взаємодіють один з одним [14]. Такий підхід має велику перевагу перед централізованим підходом, коли мережі присутній тільки один маршрутизатор, який збирає інформацію про мережі від інших маршрутизаторів і конфігурує маршрути просування даних. У разі відмови центрального маршрутизатора вся мережа вийде з ладу, тому такий підхід не набув широкого поширення при проектуванні мереж.

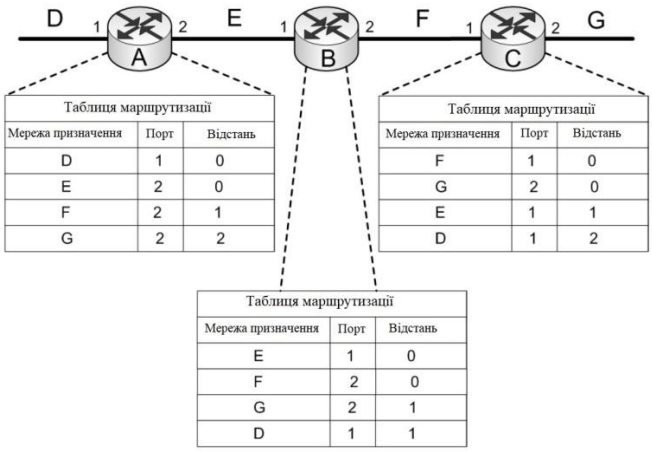


Рис. 3.2 Формування двох таблиць маршрутизації

За допомогою дистанційно-векторних алгоритмів (ДВА) маршрутизатори регулярно обмінюються копіями маршрутних таблиць. Коли регулярні оновлення зроблені, маршрутизатори розповісти один одному про зміну топології мережі. Таким чином, кожен маршрутизатор отримує інформацію про всі доступні вузли в мережі через сусідні маршрутизатори. Пошук найкращого маршруту заснований на використанні вектора відстані, який показує необхідну кількість переходів для досягнення певної точки. Кожна з позицій таблиці маршрутизації має загальний вектор, який показує відстань між мережею або вузлом (рис. 3.2).

На основі ДВА базується дистанційно-векторний протокол маршрутизації групового мовлення DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol).

Даний протокол був одним з перших протоколів для визначення шляху просування групового трафіку, тобто доставки даних кільком одержувачам з одного джерела. Даний тип передачі інформації відіграє важливу роль для розсилки команд управління або даних великої кількості вузлів. При виборі маршрутів розсилки також актуальна проблема вибору безпечного маршруту з надійною доставкою інформації.

Розвиток протоколів широкомовної розсилки починався з алгоритму пересилання інформації маршрутизатором на все інтерфейси, крім вхідного.

Така стратегія призводить до генерації великої кількості непотрібного трафіку в мережі.

Модифікації алгоритму дозволяють виконати поширення трафіку від джерела до одержувача так, щоб пакети просувалися тільки по тим шляхам, які оптимальним чином з'єднували джерело з кожним одержувачем. На рис. 3.3 виключені маршрути групового трафіку від джерела до тих одержувачам, для яких він не призначений.

В результаті, потрібно побудувати дерево з верхньої частини джерела інформації, що передається. Структура дерева з'єднує всі маршрутизатори, які безпосередньо підключені до локальних мереж, що містять одержувачів цієї групи, є найкращим способом. Використання нейронних мережевих технологій при модифікації даного типу алгоритмів дозволить побудувати маршрут для просування інформації групи за найбільш безпечнішим способом, за рахунок змін у структурі мережі.

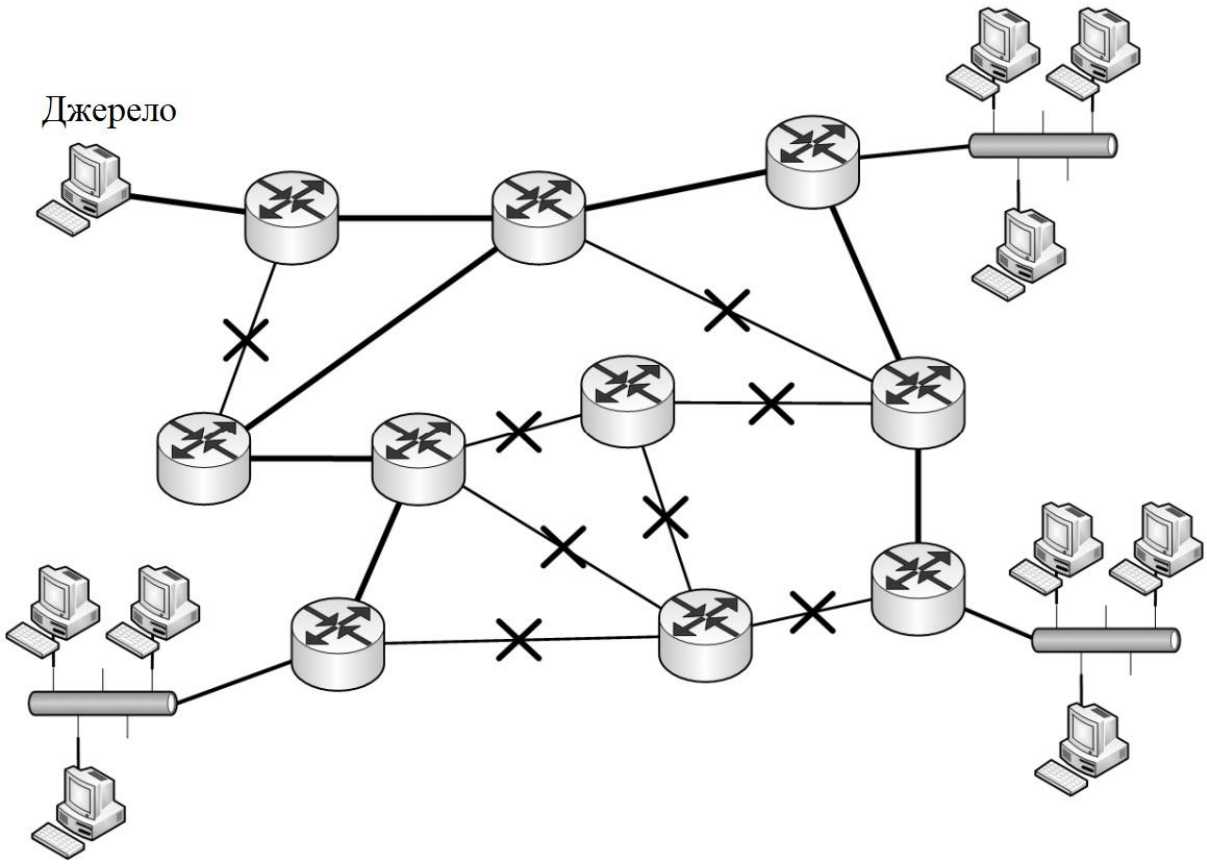


Рис. 3.3 Керування інформацією групи

Недоліками алгоритму маршруту є:

1. Алгоритм стабільний в невеликих мережах.

2. Зміна конфігурації мережі може не завжди оброблятися належним чином ці типи маршрутизації алгоритмів, оскільки маршрутизатори не мають інформації про точну топологію мережі.

3. Протоколи, які використовують дві маршрутизації у своїй роботі (наприклад, RIP - Routing Information Protocol) важко адаптуватися до втрати маршруту, оскільки вони передають інформацію, необхідну для поповнення таблиць маршрутизації.

4. Можливе зациклювання інформації - постійний рух інформаційних груп від одного маршрутизатора до іншого.

Існує можливість помилкових маршрутів, які виникають при використанні інформації про неіснуючі маршрути.

Алгоритми стану зв’язків (ACS) [15] забезпечують кожний маршрутизатор інформацією, достатньої для створення точного мережевого графіку. Маршрутизатори на основі ASS підтримують складну базу, яка містить відомості про топологію підключень у мережі. Всі маршрутизатори засновані на одному мережевому графіку, що робить процес маршрутизації стійким до зміни конфігурації. Два маршрути не містять інформації про віддалені мережі та маршрутизатори.

Процес побудови таблиці маршрутизатора відбувається у два етапи:

1. Побудова бази даних про стан зв'язків в мережі. Топологія мережі представляється у вигляді графа, в якому вершинами графу є маршрутизатори, а ребрами - зв'язки між ними. Маршрутизатори обмінюються з сусідніми пристроями інформацією про граф мережі, яку кожен має на поточний момент.

Маршрутизатор не здійснюють модифікацію інформації при передачі. В результаті всі маршрутизатори мережі отримують ідентичні відомості про структуру мережі. Вся інформація упорядковується до логічної топології, представлену деревом зв'язків. Корінь дерева - поточний маршрутизатор, а

гілки - можливі маршрути до всіх підмереж. Якщо стан зв'язків змінився, то процес побудови графа повторюється.

2. Знаходження оптимальних маршрутів і генерація таблиці маршрутизації. Після побудови дерева зв'язків, необхідно вирішити трудомістку задачу знаходження оптимального шляху на графі.

Протоколи маршрутизації, засновані на ACC (наприклад, OSPF - Open Shortest Path First, для пошуку оптимального маршруту використовують ітеративний алгоритм Дейкстри. Кожен маршрутизатор виконує пошук оптимальних шляхів від своїх інтерфейсів до всіх відомих підмереж. У кожному знайденому шляху запам'ятовується тільки перший крок. Саме він заноситься до таблиці маршрутизації.

На рис 3.4 показано приклад мережі з шести маршрутизаторів ($R_1$-$R_6$) і підмереж ($N_1$-$N_6$). ( Виходячи з оцінки статусу каналів, кожен зараховується зі ступенем витрат. Таким чином, кожен маршрутизатор може відстежувати альтернативні шляхи і зробити найкращий вибір для кожної кінцевої точки.

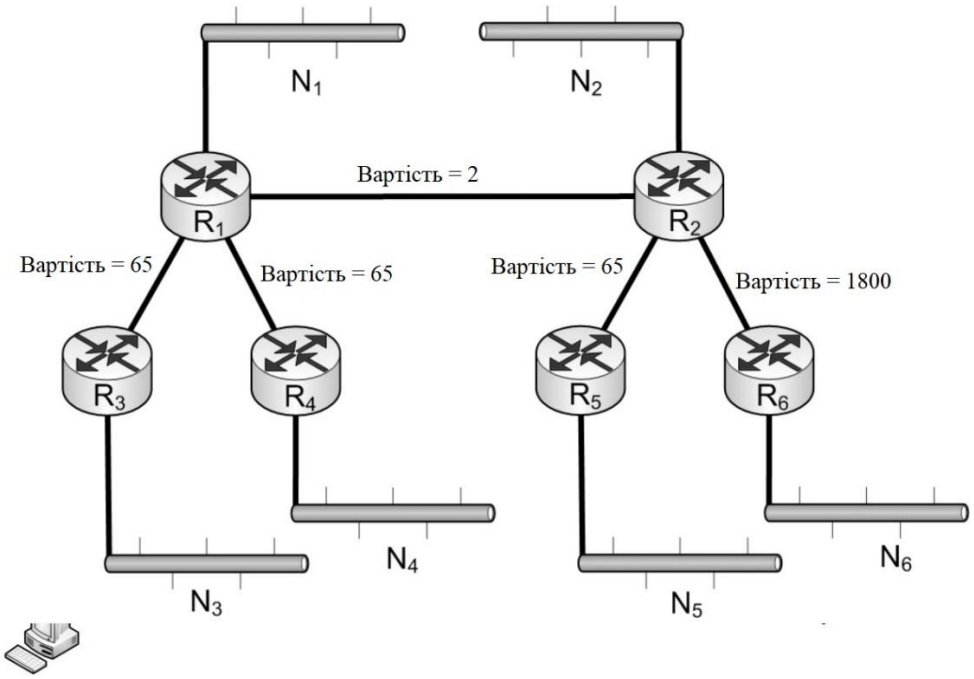


Рис. 3.4 Приклад організації мережі і оцінка каналів

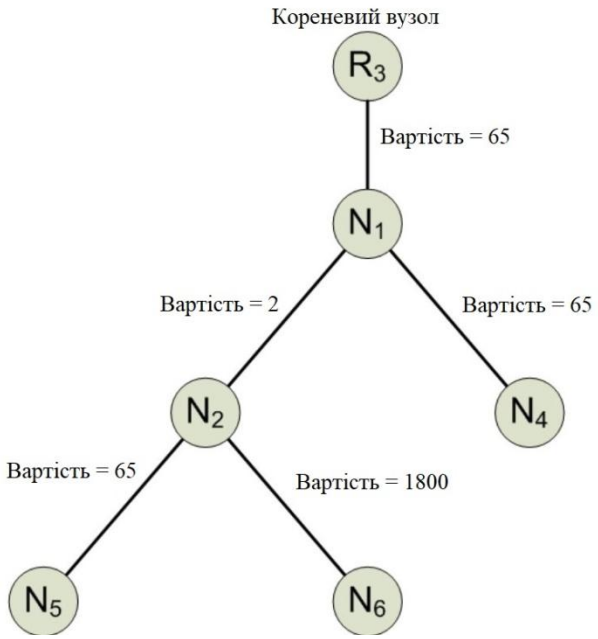


Рис. 3.5 Найкоротший трек дерево для маршрутизатора R3

На основі ACC функціонує і протокол MOSF (Multicast extensions to OSPF), призначений для групового мовлення. Маршрутизатор додають до інформації про стан каналів передачі інформації дані про членство в групах різних вузлів у мережі.

В результаті маршрутизатори не тільки утворюють загальний мережевий графік, але й отримують інформацію про склад груп для відправки повідомлень. На основі цієї інформації алгоритми маршрутизації знаходять дерево найкоротших шляхів для кожної групи.

Це дозволяє інформаційний протокол IMAP, які будуть доставлені на найкоротший маршрут від джерела до підмереж, в яких розташовані члени групи, до яких призначена інформація.

Використовуючи алгоритм маршрутизації на основі оцінки станів трансмісійних каналів виникають такі проблеми:

1 Алгоритм вимагає багато пам'яті та обчислювальних ресурсів для обробки великого потоку інформації, підтримки логічного дерева та таблиці маршрутизації.

2. Динамічне визначення структури мережі призводить до створення великого обсягу трафіку, необхідного для обміну інформацією між маршрутизаторами.

3. Якщо структура мережі має складну топологію з багатьма зв'язками, часті зміни характеристик каналів зв'язку, поява нових підключень, відключення деяких каналів зв'язку призводить до повної відмови алгоритму маршрутизації.

Однією з основних проблем, виявлених в аналізі недоліків розглянутих алгоритмів, є процес маршрутизації з неповною інформацією. Інформація з окремих елементів телекомунікаційної мережі спочатку надсилається маршрутизаторам, але таблиці маршрутизації можуть містити неповну інформацію про маршрут.

Порушення системи маршрутизації може виникнути внаслідок відмови окремих каналів зв'язку або маршрутизаторів самостійно. Якщо маршрутизатори не мають інформації, необхідну для вибору найкращого маршруту на сайт призначення, вони надсилають дані на стандартні, заздалегідь визначені маршрути.

Система маршрутизації може надсилати дані за межі локальної автономної системи, яка може повернути ці дані, і трафік буде діяти "циклічно". Відмова каналів зв'язку, які забезпечують роботу статичних маршрутів резервного копіювання призведе до повного завершення роботи мережі.

# РОЗДІЛ 4 МЕТОДИКА ВИБОРУ АЛГОРИТМУ МАРШРУТИЗАЦІЇ В МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖАХ

## 4.1 Математична постановка задачі вибору алгоритму маршрутизації

Згідно з [16], мультисервісна мережа може бути представлена у вигляді вузлів-вершин (системи комутації, маршрутизації і т. д.) і ланок-ребер (системи передачі, лінії зв'язку і т. д.), які з'єднують вузли-вершини між собою. Тобто будь-яку мережу зв'язку можна представити у вигляді графа і використовувати методи теорії графів для дослідження і оптимізації мереж.

При цьому мережа може бути порівняна з таким собі спрямованим, сильно пов'язаних графом $G = (V, E)$ з множиною вершин $V = \{ v_1,...,v_n \}$ і множиною ребер $E = \{ e_1,...,e_m \} \subset V \times V$.

Нехай для кожного ребра $e \in E$ буду задані дві вершини $h(e), t(e) \in V$, в якості початку і кінця відповідно $e = (h(e),\ t(e))$, а також визначені: пропускна здатність ребра $c(e)$, вага ребра $w(e)$ і коефіцієнт використання ребра $\rho(e)$.

Трафік, який необхідно передати між вузлами мережі, задамо трафік-матрицею $T = (t_{ij}) \in R^{n \times n}$, кожен елемент якої $t_{ij}$ відповідає трафіку, який необхідно передати від вузла $v_i$ до вузла $v_j$.

Потік між двома вершинами $f^{(ij)}$ в деякому графі відповідає вимозі щодо розподілу потоку (за відповідною трафік-матрицею) і описується, як вектор $f^{(ij)} = (f^{ij}(e_1),..., f^{ij}(e_m))$ з невід'ємними елементами $\forall k : f^{ij}(e_k) \geq 0$.

Для кожного потоку в мережі повинні бути виконані наступні умови:

$$\sum_{k:\, t(v_k)=l} f_k^{(ij)} \ - \sum_{k:\, h(v_k)=l} f_k^{(ij)} = \begin{cases} t_{ij}, & \lambda = i \\ -t_{ij}, & \lambda = j \\ 0, & \textit{в іншому} \end{cases} . \qquad (4.1)$$

сума потоків $\sum_{i,j} f^{(ij)}$ є багатопродуктової потік, який відповідає всім вимогам щодо розподілу потоків від всіх джерел до всіх споживачів $t_{ij}$.

Вимога щодо розподілу потоку (тобто відповідний йому потік), що може бути передано через мережу (розподілено по мережі) тільки в разі, якщо не перевищує пропускну здатність ребер і відповідний коефіцієнт використання ребра не більш одиниці:

$$\forall\ k: f(e_k) = \sum\ f^{ij}(e_k) \le c(e_k) \text{ або } \rho(e_k) = f(e_k)/c(e_k) \le 1. \qquad (4.2)$$

В даному випадку шлях довжиною $r \in N$ в якомусь направленому графі $G$ від вершини $v_i$ до вершини $v_j$ розглядається як послідовність вершин $p = (e_1,...,e_r)$ і позначається як $(i, j)$- шлях, при деяких умовах для кожного шляху $t(e_i) = h(e_{i+1})$ для $i = 1,..., r-1$ і $e_k \neq e_n$ для $k \neq n$ з початком в вершині $h(e_1) = v_i$ і кінцем в вершині $t(e_r) = v_j$.

Кожен потік $f^{(ij)}$ проходить уздовж однієї колії або декількох шляхів, причому під оптимальним алгоритмом розуміється множина шляхів, зведених в матрицю $P^{(ij)} = (p_{nk})$. Кожному потоку надається в розпорядження смуга пропускання деякого шляху:

$$\forall\ k\ :\ \sum_{p_{nk} \in P^{(ij)}} c(p_{nk}) = f_m^{(ij)} \qquad (4.3)$$

Максимальний коефіцієнт використання ребра показує, реалізований конкретний дизайн чи ні [18]:

$$\max_k \rho(e_k) = \max_k f(e_k)/c(e_k) \le 1. \qquad (4.4)$$

Для представлення деякої мережі в якості спрямованого зв'язкового і кінцевого графа необхідно, щоб були виконані наступні граничні умови:

-Відома заздалегідь топологія мережі з кінцевим числом вершин і ребер, а також задана доступна пропускна здатність ребер;

-Відома відповідна трафік-матриця.

Зазвичай лінії зв'язку між вузлами телекомунікаційної мережі є двонаправленими, так що даним мереж зв'язку відповідає в цьому випадку

ненаправлений граф. Кожен ненаправлений граф може бути легко зведений до спрямованого графу, який замість одного ребра має два протилежно спрямованих ребра.

Кожен метод оптимізації має свої цілі і критерії, за допомогою яких досягаються бажані результати. Результати ж повинні задовольняти наявним граничним умовам. При оптимізації мультисервісних мереж, наприклад MPLS, мова йде про деякий оптимальний дизайн LSP, який, при дотриманні вимог щодо якості обслуговування (QoS), гарантує досягнення максимальної пропускної здатності мережі.

Рівень навантаження на кожній лінії зв'язку безпосередньо характеризує ймовірність виникнення ситуацій перевантаження, затримку і втрати пакетів даних. Таким чином, дотримання параметрів якості обслуговування визначається коефіцієнтом використання лінії зв'язку. Можна визначити порогове значення для можливо найбільшого коефіцієнта використання лінії, при досягненні якого ще гарантуються параметри якості обслуговування.

Проблема оптимізації полягає в наступному: для всіх вимог щодо розподілу потоків заданої трафік-матриці $T = (t_{ij})$ повинні бути знайдені ті шляхи, які забезпечують оптимальний розподіл навантаження всіх вимог.

Отриманий в результаті дизайн LSP та алгоритм маршрутизації повинен виконувати всі поставлені граничні умови. При цьому сума всіх вимог щодо розподілу потоків на окремо взятому ребрі не повинна перевищувати його пропускної здатності.

Деякий алгоритм маршрутизації, який задовольняє всім граничним умовам, називається допустимим. Так як затримка сильно залежить від числа стрибків (Hops), то необхідно, по можливості, обмежувати довжину шляху.

Щоб вибрати один з множини варіантів маршрутизації, використовуються наступні два критерії для оцінки якості і оптимальності дизайну:

- для заданої трафік-матриці максимальне навантаження на ребро повинне бути, по можливості, мінімальним;

- для всіх вимог щодо розподілу потоків трафік-матриці шляхи, по можливості, повинні бути найкоротшими. Довжина шляху визначається числом проміжних вузлів.

Згідно з першим критерієм, мережі навантажуються рівномірно. Кожна мережа має "вузьке місце", яке ділить її на дві частини і обмежує обсяг трафіку з однієї частини в іншу.

В теорії графів таке "вузьке місце" називається мінімальним розрізом. При оптимальному алгоритмі досягається максимальне використання ліній-ребер мінімального розрізу. Таким чином, одночасно підвищується коефіцієнт $\lambda$, на який весь трафік додатково може бути збільшений, не розширюючи пропускну здатність розрізу. В такому випадку залишається можливість передачі всіх вимог щодо розподілу потоків наступної трафік-матриці з коефіцієнтом збільшення $\lambda \times T = (\lambda \times t_{ij})$.

Так як оптимізація алгоритмів тільки на основі першого критерію призводить до утворення "гаків" (невиправдано довгих шляхів), для оптимізації був введений другий критерій.

Завдяки другому критерію буде віддаватися перевага тільки тому шляху, який по можливості, є найкоротшими при дотриманні першого критерію. У загальному випадку немає такого рішення, яке задовольняло б обом критеріям одночасно. Це передбачає, що один з критеріїв має більше значення. І загальна мета оптимізації звучить так:

Необхідно знайти такий алгоритм, який зменшує максимальне навантаження на ребра мінімального розрізу, і вибирає найкоротший шлях серед всіх можливих.

Теорія графів пропонує різні методи, за допомогою яких можна було б оптимально розподілити навантаження по мережі. Розглянемо більш докладно методи, використовувані для визначення оптимального дизайну в мультисервісних мережах, представлені нижче.

Принцип максимального потоку (мінімального розрізу) можна використовувати для знаходження мінімального розрізу в мережі. Сума пропускних спроможностей ліній-ребер на певному розрізі обмежує максимально допустиму величину переданого потоку

$$T_S = \lambda_{\max} T = (\lambda_{\max} t_{ij}). \qquad (4.5)$$

Принцип роботи алгоритму по знаходженню "вузького місця" заснований на визначенні мінімального розрізу. Багатопродуктовий потік в мережі максимальний тільки тоді, коли:

- пропускна здатність підмножини ребер (тобто розрізу) повністю вичерпана окремими потоками між джерелами і споживачами багатопродуктового потоку;

- після видалення повністю завантажених ліній-ребер (розрізу) з графа (мережі) залишковий граф більше не є пов'язаним.

Мінімальний розріз обмежує максимально можливе значення потоку при інших рівних постійних умовах: топологія, пропускна здатність, вимоги щодо розподілу потоків. В одній окремо взятій мережі може існувати кілька таких розрізів.

Розріз $S = (V_Q, V_Z)$ ділить умовно всі вузли мережі на підмножину вершин-витоків $V_Q \subset V$ і комплементарну йому підмножину вершин-стоків $V_Z = V - V_Q$ так, що кожна вершина належить одній з підмножин: або підмножині вершин-витоків, або підмножині вершин-стоків.

При цьому розріз складається з множини ребер $E(V_Q, V_Z)$, що починається (закінчується) в підмножині $V_Q$, або закінчується (починається) в підмножині $V_Z$ і визначається, як:

$$E(V_Q, V_Z) = \{ e \in E : h(e) \in V_Z \ \& \ t(e) \in V_Q \} \qquad (4.6)$$

Можна визначити суму всіх вимог щодо розподілу потоку, які обов'язково повинні зайняти ("застовпити") пропускну здатність на розрізі:

$$T_S = \sum_{k \in V_Q,\ n \in V_Z} t_{kn} \qquad (4.7)$$

Пропускна здатність розрізу визначається сумою пропускних спроможностей ребер, що належать йому:

$$C_S = \sum_{e \in E(V_Q, V_Z)} c(e). \tag{4.8}$$

Одна з можливостей для знаходження мінімального розрізу полягає в тому, щоб по черзі досліджувати всі 2N множини і належним чином розбити множини вершин на дві компліментарні множини (вершин-витоків і вершин-стоків), причому для кожного розбиття і відповідного розрізу визначається відношення $R_S$ - суми всіх вимог $T_S$ до доступної пропускної здатності $C_S$:

$$R_S = \frac{T_S}{C_S} = \frac{\sum_{k \in V_Q,\, n \in V_Z} t_{kn}}{\sum_{e \in E(V_Q, V_Z)} c(e)} \tag{4.9}$$

Задані в трафік-матриці потоки можуть бути передані через мережу, тільки якщо виконується умова $R_S = T_S / C_S \le 1$ або $T_S \le C_S$ для всіх можливих розрізів. В іншому випадку мережа може пропустити лише частину вимог $T = (t_{ij})$, яка визначається коефіцієнтом $\lambda$ для трафік-матриці $T_S = \lambda \times T = (\lambda \times t_{ij})$ згідно зі співвідношенням:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{\max\limits_{\forall S} R_S} = \min_{\forall S} \frac{C_S}{T_S}. \tag{4.10}$$

Алгоритм по обчисленню «вузького місця» показує, на скільки може бути збільшений трафік, поки пропускна спроможність ліній-ребер «вузького місця» не буде вичерпана максимальним багатопродуктовим потоком. Метод дає інформацію про те, де і при якому значенні трафіку, що передається по мережі, ресурси мережі будуть перевантажені. Ці дані можуть бути успішно використані для планування топології мереж, особливо для оцінки впливу змін структури мережі на "вузькі місця" і для перевірки певного алгоритму, наприклад, на всілякі варіанти "відмов" ліній.

В роботі [17] представлена методика вибору алгоритму маршрутизації, яка заснована на аналізі вихідних даних.

Розглянемо деякі положення даного джерела.

Нині вибір протоколу внутрішньої маршрутизації залежить від складності мережі і доступної смуги пропускання.

Але нестандартна архітектура мережевих систем, а саме наявність вузлів з обмеженими ресурсами, висуває додаткові вимоги до маршрутних протоколів і в цілому до організації обміну в таких мережах.

При підборі маршрутного протоколу не враховуються особливості системи, пов'язані з виконуваним завданням, і вимоги безпеки.

Облік таких критеріїв, як обмеження на довжину повідомлення, обмеження на використання ресурсів вузлів і т.д.

Аналіз застосування п'яти основних протоколів маршрутизації (RIP, OSPF, IS-IS, IGRP і EIGRP) показав, що в даний час загальних критеріїв вибору того чи іншого алгоритму маршрутизації не існує. Застосування будь-якого з них істотно впливає на характеристики обміну.

Існують приватні рішення, але немає єдиного підходу до вирішення завдання вибору алгоритму маршрутизації в мережевих системах.

В роботі [17] сформовані основні параметри, які впливають на обмін інформацією в залежності від виду алгоритму (таблиця 4.1).

В межах власного дослідження будемо розглядати динамічні протоколи.

Таблиця 4.1 – Вплив алгоритмів маршрутизації на параметри обміну

| Параметр | OSPF | IS-IS | BGP | RIPv2 | IGRP |
|---|---|---|---|---|---|
| Швидкість передачі повідомлення | Залежить від довжини повідомлення | Залежить від довжини повідомлення | Залежить від довжини повідомлення | Залежить від довжини повідомлення | Залежить від довжини повідомлення |
| Пропускна спроможність | Рівномірний потік | Залежить від потоку | Невисока | Залежить від потоку | Невисока |
| Вхідні потоки даних | Інформаційні та службові повідомлення | Залежить від рівня вузла | Залежить від кількості повідомлень | Залежить від рівня вузла | Залежить від кількості повідомлень |

## 4.2 Методика вибору алгоритму маршрутизації

Пропонується така методика визначення оптимального алгоритму маршрутизації для мережевої системи:

1. Визначити завдання системи.
2. Визначити основні характеристики системи.
3. Визначити критерії, яких необхідно досягти.
4. Виділити серед отриманих критеріїв основні і вторинні.
5. Сформулювати задачу оптимізації.
6. Вирішити задачу оптимізації.
7. На основі отриманих результатів і відповідно до характеристик алгоритмів маршрутизації вибрати оптимальний алгоритм.

Рішення про застосування того чи іншого алгоритму маршрутизації повинно прийматись враховуючи типи трафіку що буде передаватися та топологію мультисервісної мережі. З часом у випадку змін в топології мережі коефіцієнти до різних критеріїв можуть бути перераховані для адаптивного вибору алгоритму маршрутизації.

При наявності програмно-апаратних ресурсів можливе застосування адаптивних алгоритмів управління в мережах (які представлені в третьому розділі роботи).

В рамках виконання власного дослідження пропонується алгоритм, який використовує бальну оцінку кожного з алгоритмів маршрутизації в залежності від вихідних даних.

Суть методики полягає в тому, що кожному з критеріїв в залежності від завдання мультисервісної мережі пропонується ваговий коефіцієнт μ такий, що:

$$\sum_{i=1}^{N} \mu_i = 1. \tag{4.11}$$

Для кожного з критеріїв виставляється бальна оцінка згідно з динамічним алгоритмом маршрутизації (наприклад, за 3-бальною шкалою).

Потім знаходиться сумарна кількість балів та обирається оптимальний алгоритм маршрутизації.

### 4.3 Приклад вибору алгоритму маршрутизації для мультисервісної мережі

Приклад оцінки представлений для корпоративної мережі, для якої потрібен захист конфіденційної інформації і висока пропускна здатність (кількість абонентів – 500), представлений у вигляді таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Приклад вибору алгоритму маршрутизації для мультисервісної мережі

| Параметр | Ваговий коефіцієнт | OSPF | IS-IS | BGP | RIPv2 | IGRP |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Розмір мережі | 0,2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| Пропускна здатність | 0,25 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Управління | 0,1 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| Затримка | 0,05 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| Безпека | 0,4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 |

Таблиця 4.3 – Результат розрахунку вагових коефіцієнтів

| Параметр | OSPF | IS-IS | BGP | RIPv2 | IGRP |
|---|---|---|---|---|---|
| Розмір мережі | 0,4 | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Пропускна здатність | 0,75 | 0,5 | 0,25 | 0,5 | 0,25 |
| Управління | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,2 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Затримка | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,1 | 0,15 |
| Безпека | 1,2 | 0,8 | 0,4 | 0,8 | 0,8 |
| Сума | 2,70 | 2,10 | 1,40 | 2,10 | 1,80 |

Таким чином, для даної мультисервісної мережі оптимальним алгоритмом маршрутизації є алгоритм OSPF (2,70/3,00).

Загалом характеристика алгоритмів в залежності від обраних параметрів представлена у вигляді таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Характеристика алгоритмів в залежності від обраних параметрів

| Параметр | OSPF | IS-IS | BGP | RIPv2 | IGRP |
|---|---|---|---|---|---|
| Розмір мережі | Невеликі мережі (до 500 абонентів) | Середні мережі | Великі мережі (Мережа Інтернет) | Середні мережі | Середні мережі |
| Пропускна здатність | Найбільша пропускна здатність | Середня пропускна здатність | Найменша пропускна здатність | Середня пропускна здатність | Невисока пропускна здатність |
| Управління | Просте управління | Складне порівняно управління | Середнє за складністю | Просте управління | Середнє за складністю |
| Затримка | Найбільша затримка | Середня затримка | Найменша затримка | Середня затримка | Найменша затримка |
| Безпека | Найбільш безпечний для невеликих мереж | Достатньо безпечний | Найбільш безпечний для великих мереж | Достатньо безпечний | Достатньо безпечний |

Розроблена методика є зручною. Варто лише встановити вагові коефіцієнти для кожного з вихідних параметрів і на етапі проектування обрати оптимальний алгоритм залежно від поставленого завдання для мультисервісної мережі.

# РОЗДІЛ 5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

## 5.1 Можливості запуску проекту

Розробка стартап-проекту заснована на побудові методики визначення алгоритму маршрутизації в мультисервісній мережі.

Проаналізовано та подано у вигляді таблиць:

– зміст ідеї;

– можливі напрямки застосування;

– основні вигоди, що може отримати користувач товару (за кожним напрямком застосування);

– чим відрізняють від існуючих аналогів та замінників.

В таблиці 5.1 представлений опис ідеї стартап-проекту

Таблиця 5.1 - Опис ідеї стартап-проекту

| Зміст ідеї | Напрямки застосування | Переваги |
|---|---|---|
| Методика визначення алгоритму маршрутизації в мультисервісній мережі | 1. Мультисервісні мережі | Зручність |
| | 2. Мережі загалом | Гнучкість |
| | 3. Можливості розрахунку вагових коефіцієнтів | Простота |

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг порівняно з пропозиціями конкурентів передбачає:

– визначення переліку техніко-економічних властивостей та характеристик;

– визначення попереднього кола конкурентів або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проведення

збору інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів конкурентів.

Аналогів системи немає.

### 5.2 Технологічний аудит

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту. Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (таблиця 5.2):

– за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту;

– чи існують такі технології чи їх потрібно розробити/допрацювати;

– чи доступні такі технології авторам проекту.

Таблиця 5.2 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

| № п/п | Ідея проекту | Технології її реалізації | Наявність технологій | Доступність технологій |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Методика визначення алгоритму маршрутизації в мультисервісній мережі | Програмні засоби для | Наявні | Доступно |
| | | Спеціальне програмне забезпечення | Не потребує розробки | Доступно |

### 5.3 Розроблення ринкової стратегії проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дає змогу спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних

клієнтів та пропозицій проектів- конкурентів. Спочатку проводять аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

| № п/п | Показники стану ринку (найменування) | Характеристика |
|---|---|---|
| 1. | Кількість головних гравців, од | 1 |
| 2. | Загальний обсяг продаж, грн/ум.од | 500 000 |
| 3. | Динаміка ринку (якісна оцінка) | Зростає |
| 4. | Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень) | Немає |
| 5. | Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації | Немає |
| 6. | Середня норма рентабельності в галузі або по ринку,% | 100% |

Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку) порівнюють із банківським відсотком на вкладення. За результатами попереднього оцінювання ринок є привабливим для входження.

Надалі визначають потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формують орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 5.4).

Після визначення потенційних груп клієнтів проведений аналіз ринкового середовища: складені таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають.

Таблиця 5.4 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

| № п/п | Потреба, що формує ринок | Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку) | Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів | Вимоги споживачів до товару |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Забезпечення зручного інструменту для визначення | Мультисервісні мережі | Поведінку клієнта формують потреби; особливостей купівлі та експлуатації товару немає | Високий рівень та висока ефективність |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | алгоритму маршрутизації | | | |

Таблиця 5.5 - Фактори загроз

| № п/п | Фактор | Зміст загрози | Можлива реакція компанії |
|---|---|---|---|
| 1 | Наявність кваліфікованих кадрів | Потрібні люди з високим досвідом роботи в дослідженні алгоритмів маршрутизації | Пошук кваліфікованого персоналу |
| 2. | Потреба в ресурсах | Умови для технічної реалізації при модернізації | Укладання договорів з комерційними організаціями |

Надалі проведений аналіз пропозиції: визначені загальні риси конкуренції на ринку (табл. 5.6)

Таблиця 5.6 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

| Особливості конкурентного середовища | В чому проявляється дана характеристика | Вплив на діяльність підприємства |
|---|---|---|
| 1. Олігополія | На ринку присутня невелика кількість фірм, які можуть надати послуги з консультування в виборі алгоритму маршрутизації для мультисервісної мережі | Підвищувати якість товару за рахунок використання передових технологій |
| 2. За рівнем конкурентної боротьби національний | Місцезнаходження фірм не обмежується територіально; офіси розміщено у різних містах | Створювати веб-сайт компанії |
| 3. За галузевою ознакою: внутрішньогалузева | Економічна боротьба між різними товаровиробниками, які діють в одній галузі економіки, виробляють і реалізують однакові товари та | Слідкувати за новітніми технологіями, та розробками |

| Особливості конкурентного середовища | В чому проявляється дана характеристика | Вплив на діяльність підприємства |
|---|---|---|
| | технології, що задовольняють одну й ту саму потребу. | конкурентів |

На основі аналізу конкуренції, наведеного в табл. 5.6, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту, вимог споживачів до товару визначено та обґрунтовано перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлено у вигляді таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

| № п/п | Фактор конкурентоспроможності | Обґрунтування |
|---|---|---|
| 1. | Ступінь задоволення потреб користувача | Необхідно надати високоефективну методику алгоритму |
| 2. | Якість розробки з точки зору оптимальності показників надійності | Стабільність, врахування всіх факторів |
| 3 | Наявність наукових ресурсів | Необхідна наявність наукових кадрів з високим досвідом роботи |
| 4 | Економічний | Середня ціна продукту |

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводять аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (таблиця 5.8).

Таблиця 5.8 - Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

| № п/п | Фактор конкурентоспроможності | Бали 1-20 | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Ступінь задоволення потреб користувача | 20 | | | | | | | + |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2. | Якість розробки з точки зору оптимальності показників надійності | 20 | | | | | | | + |
| 3. | Наявність наукових ресурсів | 20 | | | | | | | + |
| 4. | Економічний | 20 | | | | | | | + |

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 5.9).

Таблиця 5.9 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

| № п/п | Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів | Готовність споживачів сприйняти продукт | Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту) | Інтенсивність конкуренції в сегменті | Простота входу у сегмент |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Розробники систем | Готові | Високий | Низька | Середня |
| 2. | Оператори | Готові | Середній | Низька | Середня |

Для роботи в обраних сегментах ринку сформовано базову стратегію розвитку (таблиця 5.10).

Таблиця 5.10 - Визначення базової стратегії розвитку

| № п/п | Стратегія охоплення ринку | Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи | Базова стратегія розвитку |
|---|---|---|---|
| 1. | За рахунок великих можливостей по об’ємах збуту товарів | Витрати на виробництво | Стратегія лідерства на витратах |
| 2. | Надання товару важливих з | Формування попиту | Стратегія |

| № п/п | Стратегія охоплення ринку | Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи | Базова стратегія розвитку |
|---|---|---|---|
| | точки зору споживача відмітних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів. | якісним покриттям та швидкістю прийняття рішення з вибору алгоритму | диференціації |

В результаті аналізу обираємо стратегію диференціації. Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 5.11)

Таблиця 5.11 - Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

| № п/п | Чи є проект "першопрохідцем" на ринку? | Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів? | Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які? | Стратегія конкурентної поведінки* |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Так | Так | Ні | Стратегія «лідер» |

Визначаємо стратегію позиціонування (таблиця 5.12)

Таблиця 5.12 - Визначення стратегії позиціонування

| № п/п | Вимоги до товару цільової аудиторії | Базова стратегія розвитку | Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту | Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Методика вибору алгоритму маршрутизації | Диференціації | Середня ціна, висока якість, доступність, простота | Наукоємність, співпраця, ефективність |

## 5.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару представлене в таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

| № п/п | Потреба | Вигода, яку пропонує технологія | Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити |
|---|---|---|---|
| 1. | Визначення алгоритму маршрутизації ще на етапі проектування мережі | Вибір алгоритму | Підвищення ефективності |

Надалі розробляють трирівневу маркетингову модель товару: уточнюють ідею продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 5.14).

Таблиця 5.14 - Опис трьох рівнів моделі товару

| Рівні товару | Сутність та складові | | |
|---|---|---|---|
| I. Товар за задумом | Методика вибору алгоритму маршрутизації мультисервісної мережі | | |
| II. Товар у реальному виконанні | Властивості/характеристики | М/Нм | Вр/Тх /Тл/Е/Ор |
| | 1. Низька ціна у порівнянні з конкурентами<br>2. Висока надійність<br>3. Ефективність | М<br>М<br>М | |

| | |
|---|---|
| | Якість: простота, зручність, швидкодія |
| | Пакування: - |
| | Марка: «АМ» |
| III. Товар із підкріпленням | До продажу гарантія |
| | Після продажу консультація |
| За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: захист інтелектуальної власності | |

Визначення меж встановлення ціни представлене у вигляді таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 - Визначення меж встановлення ціни

| № п/п | Рівень цін на товари-замінники | Рівень цін на товари- аналоги | Рівень доходів цільової групи споживачів | Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу |
|---|---|---|---|---|
| 1. | – | - | 2 млн грн. і вище | 0,1 млн – 0,4 млн грн. |

Розмір інвестицій – 200000 грн, планований рівень доходів – 2 млн.грн і вище.

Так як налаштування обладнання у кінцевого користувача потребує певних професійних навиків від персоналу і обладнання налаштовують під кожного клієнта індивідуально, то збут доцільно проводити власними силами без застосування посередників.

### 5.5 Висновки до розділу

1. Розроблено стартап-проект щодо методики визначення алгоритму маршрутизації в мультисервісній мережі. Напрямками застосування проекту є використання мультисервісних мереж, ефективність, швидкодія, мінімальні затрати, зручність, простота.

2. Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг порівняно з пропозиціями конкурентів. Визначено, що технологія переважає найближчих конкурентів в економічних та технологічних характеристиках.

3. Досліджено ринкові загрози та ринкові можливості, які складають на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Розроблено ринкову стратегію проекту та маркетингову програму стартап-проекту.

## ВИСНОВКИ

В результаті написання роботи була розроблена методика вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісній мережі.

В результаті написання першого розділу встановлено, що мультисервісні мережі надають кілька різних типів послуг зв'язку в рамках однієї і тієї ж фізичної інфраструктури.

Мультисервіс має на увазі не тільки наявність декількох типів трафіку в мережі, але і здатність однієї мережі підтримувати всі ці програми без шкоди для якості обслуговування (QoS) для будь-якого з них.

В другому розділі роботи представлені протоколи динамічної маршрутизації. Встановлено, що основними протоколами динамічної маршрутизації в мультисервісних мережах є IS-IS, OSPF, BGP.

В третьому розділі роботи розглянуті питання функціонування мультисервісної мережі. Встановлено, що основним завданням мультисервісної мережі є транспортування інформації від відправника до одержувача. У більшості випадків потрібно зробити кілька передач між вузлами для досягнення кінцевої точки в передачі даних. Як правило, може бути кілька способів передачі інформації в Інтернеті.

В четвертому розділі роботи представлена методика вибору алгоритму маршрутизації мультисервісної мережі. Сутність методики полягає в тому,

що для кожного з критеріїв виставляється бальна оцінка згідно з динамічним алгоритмом маршрутизації (наприклад, за 3-бальною шкалою). Потім знаходиться сумарна кількість балів та обирається оптимальний алгоритм маршрутизації.

Встановлено, що розроблена методика є зручною. Варто лише встановити вагові коефіцієнти для кожного з вихідних параметрів і на етапі проектування обрати оптимальний алгоритм залежно від поставленого завдання для мультисервісної мережі.

Останній розділ присвячений стартап-проекту. Розроблено стартап-проект щодо методики визначення алгоритму маршрутизації в мультисервісній мережі.

В результаті написання роботи були виконані наступні задачі:

- Охарактеризовано мультисервісні мережі;
- Розглянуто маршрутизацію в мультисервісних мережах.
- Виконано аналіз функціонування мультисервісної мережі з адаптивною маршрутизацією.
- Розглянуто методику вибору алгоритму маршрутизації в мультисервісних мережах.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ


1. Фокин В.Г. Проектирование оптической сети доступа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Фокин В.Г.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2012.— 311 с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/35761.html.

2. Ромашова Т.И., Попова Н.Н.GPON в сети абонентского широкополосного доступа: методические указания/Новосибирск, 2019 г.

3. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 3-е изд. — СПб.: Питер, 2006. — 958 с: ил.

4. Проскура Д.В., Проскура, Н.В., Мурашова Н.А, Зайцев А.Н. Становление информационного общества в условиях инновационного развития телекоммуникационных услуг. Н. Новгород, 2013. 145 с.

5. Баженов Р. И. Практикум по проектированию информационных систем. Биробиджан: Изд-во ПГУ им. Шолом-Алейхема, 2016. - 120 с.

6. Быховский М.А. Развитие телекоммуникаций. На пути к информационному обществу. Развитие телекоммуникационных систем. - М.: Горячая линия. - Телеком, 2016. – 521 с.

7. Олвейн В. Структура и реализация современной технологии MPLS / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2017. – 480 с.

8. Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-телефония. М.: Радио и связь, 2015. 336с.

9. Шувалов, В.П. и др. Телекоммуникационные системы и сети. Мультисервисные сети; Горячая Линия Телеком - Москва, 2015. - 592 с.

10. Величко В. В., Субботин Е. А., Шувалов В. П., Ярославцев А. Ф. Телекоммуникационные системы и сети. Том 3. Мультисервисные сети. Учебное пособие; Горячая Линия - Телеком - , 2005. - 592 с.

11. What is OSPF [Електронний ресурс]: Режим доступу: https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100082074 (дата доступу: 29.10.2020).

12. What is BGP [Електронний ресурс]: Режим доступу: https://blog.stackpath.com/border-gateway-protocol/ (дата доступу: 29.10.2020).

13. Князева Н.А. Теорія проектування комп'ютерних систем та [електронний варіант] СПД Бровкин О.В., 2012 – 239с. [Гольдштейн Б.С. Протоколи та мережі доступу / Б.С. Гольдштейн – Радіо та зв'язок, 1999 – Том 2 – 313с.

14. Кучерявий Е.А. Управління трафіком і якість обслуговування в мережі Інтернет[електронний варіант] Е. А. Кучерявий // - М .: Наука і Техніка -2007.

15. Пахомова В.М. Теорія проектування комп'ютерних мереж. Розділ: Імітаційне моделювання комп'ютерних мереж в системі OPNET Modeler [електронний варіант]: методичні вказівки до виконання практичних. Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2018.

16. Hakim Badis, Khaldoun Al Agha. "A Distributed Algorithm for Multiple-Metric Link State QoS Routing Problem", Globecom, 2003.

17. Зайончковская Д.А., Федорова В.А. Методика выбора алгоритма маршрутизации, основанная на анализе исходных данных // Вопросы радиоэлектроники. 2017. № 11. С. 21–25.

18. Розроблення стартап-проекту : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

19. John M. McQuillan, Isaac Richer and Eric C. Rosen, ARPANet Routing Algorithm Improvements. – 2008. – BBN Report No. 3803.

20. C. L. Hedrick, "An Introduction to IGRP", Preprint, RUTGERS, Centre for Computers and Information Services, The State University of New Jersey, Oct. 1989

21. Terrence Mak; Peter Y. K. Cheung; Kai-Pui Lam; and Wayne Luk. "Adaptive Routing in Network-on-Chips Using a Dynamic-Programming Network". 2011p. 1.

22. Stefan Haas. "The IEEE 1355 Standard: Developments, Performance and Application in High Energy Physics". 1998. p. 91.

23. C. Alaettinoglu, V. Jacobson, and H. Yu. Towards Milli-Second IGP Convergence. Internet Draft draft-alaettinoglu-isisconvergence-00.txt, IETF, November 2000.

25. R. K. Boel. Dynamic Routing in Delay Networks: Ergodicity, Transients and Large Excursions. In Proceedings of the 30th Conference on Decision and Control, Brighton, England, De-cember 1991.

26. W. C. Lee, M. G. Hluchyi, P. A. Humblet, "Routing Subject to Quality of Service Constraints Integrated Communication Networks", IEEE Network, July/Aug. 1995

27. C. Hedrick, "Routing Information Protocol", June 1988.

28. J. Moy, "OSPF Version 2", Nov. 1992. 29. Bruce Davie , Yakov Rekhter, "MPLS: technology and applications", Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, 2000

30. Aman Shaikh, Anujan Varma, Lampros Kalampoukas, Rohit Dube, Routing stability in congested networks: experimentation and analysis, Proceedings of the conference on Applications, Technologies, Architectures, and

Protocols for Computer Communication, p.163-174, August 28-September 01, 2000, Stockholm, Sweden.

31. D. Oran, OSI IS-IS Intra-domain Routing Protocol, RFC Editor, 1990

32. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи. – Київ: Наукова думка, 2017. – 730 с

33. Досягнення в телекомунікаціях 2019 / за наук. ред. М.Ю.Ільченка, С.О.Кравчука: монографія. - Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019.- 336 с. Рекомендовано до друку ВР КПІ ім.І.Сікорського (прот.№10 від 04.11.2019 р.) ISBN 978-617-7734-12-2

34. Бунин С.Г., Винницкий В.П., Доровских А.В., Ильченко М.Ю., Лебедев О.М., Липатов А.А., Уривский Л.А., Шелковников Б.Н., Щербина Л.П. Проектирование телекоммуникационных устройств систем и сетей. Введение в специальность (Учебное пособие). Киев, 1995 г.

35. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Сучасні телекомунікаційні системи. – К.: НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України»., 2008.-328с.,іл.